



CERTIFICACIÓN

Loja, 22 de Septiembre de 2014.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en "SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR DE CHONTACRUZ HASTA MENFIS CENTRAL, DE LA CIUDAD DE LOJA", previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor egresado: Pedro Israel Mero Guarnizo, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

Yo, Pedro Israel Mero Guarnizo, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

Autor: Pedro Israel Mero Guarnizo

Firma:

Cédula: 1723399513

Fecha: 15 de Octubre del 2014.



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, Pedro Israel Mero Guarnizo, declaro ser autor de la tesis titulada: **"SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, DESDE EL SECTOR DE CHONTACRUZ HASTA MENFIS CENTRAL, DE LA CIUDAD DE LOJA"**, como requisito para optar al grado de: Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de octubre del dos mil catorce.

Firma:

Autor:

Pedro Israel Mero Guarnizo

Cédula:

1723399513

Dirección:

Loja, (Esteban Godoy 3ra Etapa, Héctor Pilco 35-76 y Vladimir Analuiza).

Correo Electrónico:

mijo_peter300590@hotmail.com

Teléfono:

022-753-110

Celular: 0999435942

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:

Ing. Fermín Alexander González Sisalima, Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Hernán Luis Castillo García, Mg. Sc.

Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

Agradezco también a mi Padre por ser en apoyo en mi carrera, en mis logros, en todo, que aun estando lejos lo llevo siempre en mi corazón y mente.

A mis hermanos: Mariuxi, Alejandra, Daniel y Gabriel, que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado en el trayecto de mi vida.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar lo difícil que esto sea.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre y madre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo en todos los momentos y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis compañeros de la carrera, porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.



RESUMEN

El presente trabajo de tesis realiza la determinación de las zonas de susceptibilidad a deslizamientos de la vía de integración barrial desde el sector Chontacruz hasta Menfis Central, de la ciudad de Loja, se ha llevado a cabo el análisis siguiendo el método heurístico y suma ponderada de las variables del sector de estudio.

Para la elaboración de este trabajo, se realizó un conjunto de parámetros técnicos tanto en la obtención de datos de campo como de oficina, entre los cuales se puede mencionar el levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico además de la aplicación de geofísica en este caso SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), Ensayo de Penetración Estándar (SPT) lo que permitió la caracterización geotécnica de los geomateriales.

Se tuvieron en cuenta variables como: geomorfología, geología, cobertura vegetal y pendiente, se elaboraron mapas temáticos de cada una de las variables antes mencionadas y así valorar la intervención en los procesos de deslizamientos.

Con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.1), se procesó cada una de las variables en forma digital para superponer los mapas temáticos y obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, el cual incluye cinco categorías: muy baja, baja, media, alta y muy alta susceptibilidad; que representan el 68,56 %, 23,61 %, 6,72 %, 1,02 % y 0,09 % del área de estudio respectivamente.

Los resultados de esta investigación serán de gran utilidad para trabajos de Ordenamiento Territorial y proyectos de expansión urbana de la ciudad de Loja.



ABSTRACT

This thesis makes the determination of the areas of susceptibility to landslides of the track of integration neighborhood from the sector as far as Memphis Chontacruz Central, the city of Loja, has been carried out the analysis along the heuristic method and weighted sum of the variables in the sector of study.

For this work, we performed a set of technical parameters both in obtaining field data such as office, among which we can mention the topographic survey, geological, geomorphological in addition to the application of geophysics in this case SEV (Vertical Electrical soundings), Standard Penetration test (SPT) which allowed the geotechnical characterization of practice.

Were taken into account such variables as: geomorphology, geology, vegetation cover and slope, thematic maps were developed for each of the above variables and thus assess the intervention in the processes of landslides.

With the help of the Geographic Information System (ArcGIS 10.1), process each of the variables in digital form in order to superimpose the thematic maps and obtain a map of susceptibility to landslides, which includes five categories: very low, low, medium, high and very high susceptibility; representing the 68.56 %, 23.61 %, 6.72 %, 1.02 % and 0.09 % of the study area respectively.

The results of this research will be useful for jobs and Territorial Planning projects of urban expansion of the city of Loja.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
CARTA DE AUTORIZACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS:.....	3
a. Objetivo General:.....	3
b. Objetivos Específicos:	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. Movimientos de masa	4
3.1.1. Clasificación de los movimientos de masa	4
3.2. Deslizamientos.....	10
3.2.2. Dimensiones	14
3.2.3. Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos	15
3.3. Susceptibilidad por deslizamiento	20
3.3.1. Métodos para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos	20
3.4. Geofísica	21
3.4.1. Sondeos Eléctricos Verticales	21



3.5. Sistema de Información Geográfica	22
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. Materiales.....	24
4.2. Métodos	24
4.2.1. Primer Objetivo: Levantamiento topográfico y geológico a detalle.....	25
4.2.2. Segundo Objetivo: Determinar mediante análisis geofísicos a través de Sondeos Eléctricos Verticales, la presencia del nivel freático y litología del sector.	27
4.2.3. Tercer Objetivo: Elaborar el mapa susceptibilidad a deslizamientos	28
5. RESULTADOS	31
5.1. Descripción Biofísica del sector de estudio	31
5.1.1. Ubicación y acceso.....	31
5.1.2. Clima	32
5.1.3. Vegetación.....	33
5.1.4. Relieve.....	34
5.1.5. Hidrografía.....	35
5.1.6. Datos socio – económicos.....	37
5.2. Resultados Específicos	42
5.2.1. Topografía	42
5.2.2. Geología	44
5.2.3. Geomorfología.....	55
5.2.4. Pendiente	64
5.2.5. Cobertura Vegetal.....	66
5.2.6. Análisis de Susceptibilidad a deslizamientos.....	68
5.2.7. Inventario de deslizamientos	75
5.2.8. Caracterización Geotécnica.....	76



6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	109
7. CONCLUSIONES	112
8. RECOMENDACIONES.....	114
9. BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	121



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.....	29
Tabla 2.	Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.....	30
Tabla 3.	Principales actividades, según establecimientos económicos, cantón Loja.....	41
Tabla 4.	Terremotos históricos con Intensidad >VIII en la cuenca de Loja.....	48
Tabla 5.	Puntos de afloramientos descritos.....	53
Tabla 6.	Categorías de Forma de vertiente.....	57
Tabla 7.	Categorías de Pendiente.....	57
Tabla 8.	Categorías de Desnivel relativo.....	58
Tabla 9.	Categorías de Longitud de la vertiente.....	58
Tabla 10.	Categorías de Fondo de valle.....	59
Tabla 11.	Formas de relieve según su origen.....	59
Tabla 12.	Unidades Morfológicas, Formas de Relieve y Descripción del área de estudio.....	61
Tabla 13.	Categorías de pendientes modificados.....	64
Tabla 14.	Cobertura Vegetal.....	66
Tabla 15.	Pesos Asignados a la variable Geomorfológica.....	69
Tabla 16.	Pesos Asignados a la variable Geológica.....	69
Tabla 17.	Pesos Asignados a la variable de Pendiente.....	69
Tabla 18.	Pesos Asignados a la variable de Cobertura vegetal.....	70
Tabla 19.	Valores que muestran los pesos asignados a las variables....	70
Tabla 20.	Categorías de susceptibilidad a Deslizamientos.....	72
Tabla 21.	Áreas de Susceptibilidad a Deslizamientos.....	72
Tabla 22.	Características métricas de los deslizamientos.	75
Tabla 23.	Coordenadas geográficas (DATUM WGS 84) de ubicación de puntos SEV.....	76
Tabla 24.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 1).....	77
Tabla 25.	Interpretación de la Línea SEV 1.....	78
Tabla 26.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 2).....	79



Tabla 27.	Interpretación de la Línea SEV 2.....	80
Tabla 28.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3).....	81
Tabla 29.	Interpretación de la Línea SEV 3.....	82
Tabla 30.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4).....	83
Tabla 31.	Interpretación de la Línea SEV 4.....	84
Tabla 32.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5).....	85
Tabla 33.	Interpretación de la Línea SEV 5.....	86
Tabla 34.	Datos Obtenidos en el Campo (Línea 6).....	87
Tabla 35.	Interpretación de la Línea SEV 6.....	88
Tabla 36.	Valores orientados del Nspt, resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad (modificada).....	94
Tabla 37.	Consistencia de los materiales con respecto a los valores SPT.....	94
Tabla 38.	Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos.....	95
Tabla 39.	Valores medios ensayados y/o deducidos para los diferentes materiales.....	96
Tabla 40.	Descripción de las muestras extraídas en el SPT.....	98
Tabla 41.	Valoración Geológica – geotécnicas.....	100



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Caída de rocas.....	6
Figura 2.	Mecanismos de desprendimiento y colapso.....	6
Figura 3.	Basculamiento de detritos.....	7
Figura 4.	Tipos de deslizamiento.....	9
Figura 5.	a) Separación lateral en roca; b) Separación lateral en suelo.....	9
Figura 6.	Flujos de detritos.....	10
Figura 7.	Elementos de un deslizamiento.....	13
Figura 8.	Dimensiones de los movimientos en masa.....	14
Figura 9.	Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch Versión).....	27
Figura 10.	Ubicación del Área de estudio en el perímetro urbano de la ciudad de Loja.....	32
Figura 11.	Sistema Hidrográfico de la Ciudad de Loja.....	36
Figura 12.	Afloramiento de Conglomerados, Sector Chontacruz.....	49
Figura 13.	Afloramiento de Conglomerados con intercalaciones de capas de arcillolita.....	49
Figura 14.	Afloramiento de arcillas limosas en el margen de la vía de Integración Barrial.....	50
Figura 15.	Afloramiento metamórfico en el barrio Las Rosas.....	51
Figura 16.	Muestra de mano, Gneis Meteorizado de la Unidad Agoyán.....	51
Figura 17.	Coluvión ubicado en la parte Occidental del área de estudio.....	52
Figura 18.	Gran coluvión de material metamórfico.....	52
Figura 19.	Interpretación Geomorfológica (Índices de Posición Topográfica y Ortografía).....	56
Figura 20	Análisis secuencial "Model Builder" para la obtención del Mapa Final.....	71
Figura 21.	Arreglo Simétrico Tipo Schlumberger.....	76



Figura 22.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 1).....	77
Figura 23.	Curva Interpretada (línea 1).....	78
Figura 24.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 2).....	79
Figura 25.	Curva Interpretada (línea 2).....	80
Figura 26.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 3).....	81
Figura 27.	Curva Interpretada (línea 3).	82
Figura 28.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 4).....	83
Figura 29.	Curva Interpretada (línea 4).....	84
Figura 30.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 5).....	85
Figura 31.	Curva Interpretada (línea 5).....	86
Figura 32.	Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 6).....	87
Figura 33.	Curva Interpretada (línea 6).....	88
Figura 34.	Diseño del tubo muestreador estándar.....	91
Figura 35.	Esquema general del hincado en el SPT	91
Figura 36.	Procedimiento general del mecanismo manual de la prueba SPT.....	92
Figura 37.	Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento (según Krumbein y Sloss, 1955).....	96
Figura 38.	Valores cuantitativos para diferentes profundidades.....	97



1. INTRODUCCIÓN

La susceptibilidad a deslizamientos es la tendencia que presenta un talud o ladera a fallar debido a las características intrínsecas, físicas y geomorfológicas que posee. El análisis de la susceptibilidad se basa en la identificación de los factores que influyen en la ocurrencia de deslizamientos. Estos factores se sintetizan mediante una metodología de zonificación y el resultado se clasifica en rangos de susceptibilidad que se representan en un mapa, donde se expresa la distribución de la susceptibilidad a deslizamientos en un sitio determinado.

La zonificación de la susceptibilidad de un área determinada corresponde únicamente a un período de tiempo y no prevé condiciones futuras de inestabilidad, pero facilita la determinación de áreas o zonas que requieren de medidas de prevención, control y mitigación inmediata.

Para González (2005), los mapas de inventario de fenómenos de remoción en masa, por ejemplo, permiten tener una primera noción de la susceptibilidad de un sitio en particular considerando que en áreas donde han sucedido fenómenos naturales (deslizamientos, flujos, expansiones laterales, desprendimientos y vuelcos) existe la posibilidad de que nuevamente se produzcan.

Geo – Loja (2007), en la región Sur del Ecuador existe una alta incidencia de fenómenos naturales que normalmente provocan desastres de gran magnitud con la consiguiente pérdida de vidas humanas, daños en la infraestructura, pérdidas económicas y deterioro de entornos ambientales. En la ciudad de Loja, los movimientos en masa son provocados por eventos hidrometeorológico (grandes precipitaciones), y en menor grado por la actividad sísmica, por lo que en los últimos años se han invertido una gran cantidad de recursos en medidas de mitigación y reducción de los daños que causan.

La vía de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas, ha sido afectada por la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inestabilidad de taludes y laderas. Actualmente se está realizando la ampliación de la misma, sin embargo, los problemas morfo-dinámicos continúan. Existen áreas que muestran evidencias de movimientos (deslizamientos y flujos) lo cual se puede visualizar



en el trayecto de la vía de integración, la misma que debe ser constantemente reparada.

Una de las herramientas más importantes para el diseño y formulación de políticas y estrategias que permitan la reducción de la vulnerabilidad y el nivel de riesgo de la población es la zonificación de las amenazas mediante la elaboración de mapas, los cuales pueden ser utilizados por los planificadores urbanísticos, gobiernos y autoridades locales para la regulación del uso del suelo y la elaboración de Planes de Desarrollo.



2. OBJETIVOS:

a. Objetivo General:

- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la vía de Integración Barrial desde el sector de Chontacruz hasta Menfis Central, de la ciudad de Loja.

b. Objetivos Específicos:

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle, 200m a cada margen del eje de la vía de Integración Barrial, identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- Determinar mediante análisis geofísicos a través de Sondeos Eléctricos Verticales, la presencia del nivel freático y litología del sector.
- Elaborar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos con la información obtenida del sector de estudio.



3. MARCO TEÓRICO

3.1. Movimientos de masa

Los procesos de remoción en masa involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas, bajo la influencia de la gravedad y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido (Brunsden, 1979). Términos como procesos gravitacionales, procesos de ladera y movimientos de ladera son empleados en la literatura científica en español, correcta y ampliamente como sinónimos de los procesos de remoción en masa, sin embargo existen discrepancias en cuanto a los tipos de procesos que deben incluirse dentro de este término por lo que cada autor o cada escuela opta por una clasificación propia (Ladd, 1935; Sharpe, 1938; Ward, 1945; Varnes, 1958 y 1978; Hutchinson, 1968; Zaruba y Menci, 1969; Crozier, 1973; Coates, 1977; Brunsden, 1979; Selby, 1993, entre otros).

La combinación de la variedad de movimientos de ladera existentes en la naturaleza, por un lado, y la gran cantidad de expertos en la materia, por otro, brinda sin lugar a dudas, pocas opciones en la elaboración de una clasificación universal (Alcántara, 2000).

Según Varnes (1978), los movimientos de masa, son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad.

Por Otro lado Ferrer (1980), define al movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material.

3.1.1. Clasificación de los movimientos de masa

Algunos autores (Hutchinson, 1968; Skempton y Hutchinson, 1969; Varnes, 1978; entre otros), han propuesto clasificaciones de procesos de remoción en



masa. Entre los criterios para realizar esas clasificaciones están: el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de la actividad y el tipo de movimiento.

La clasificación de los procesos de remoción en masa más aceptada internacionalmente, se basa en el mecanismo del movimiento, misma que incluye a los deslizamientos, los cuales se analizarán por ser el objeto de la presente tesis, esta clasificación es ofrecida a partir de la propuesta elaborada por Varnes (1978) y por Hutchinson (1988).

Para realizar la descripción de los movimientos de masa se ha tomado como base el orden propuesto por Varnes (1978), Hutchinson (1988), Las definiciones de los distintos mecanismos han sido extraídas de las referencias antes citadas.

- **Desprendimientos o Caídas (fall)**

Todas las caídas (del inglés falls) se inician con un desprendimiento de suelo o roca de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla (Cruden & Varnes, 1996). El material desciende en caída libre, saltando o rodando, el movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido.

Solo cuando la masa desplazada es socavada, las caídas son precedidas por pequeños deslizamientos o movimientos de basculamiento que separan el material de la masa no perturbada

(Cruden & Varnes, 1996). Socavamiento ocurre típicamente en suelos cohesivos o rocas al pie de escarpes que sufren el ataque de las olas o debido a la erosión de márgenes de ríos.

Los volúmenes implicados suelen ser de hasta 100 000 m³. Tienen un alto componente de sorpresa, pues rara vez presentan signos precursores o anunciadores (o estos son difíciles de detectar) y, muy a menudo, son desencadenados por factores exógenos (sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones, árboles sobre el macizo rocoso, etc.). La velocidad del movimiento es elevada, hasta 40 m/s.

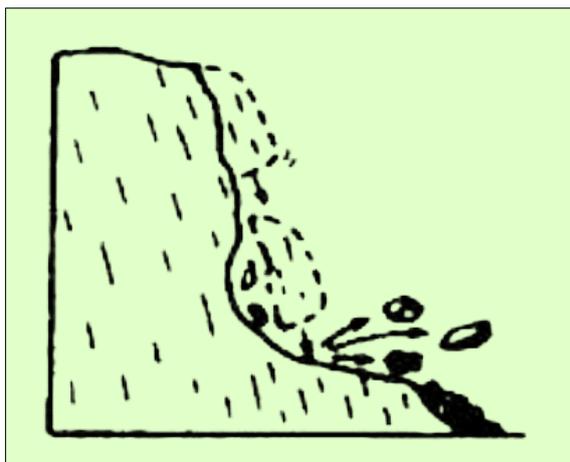


Figura 1. Caída de rocas
Fuente: Vanes, 1978

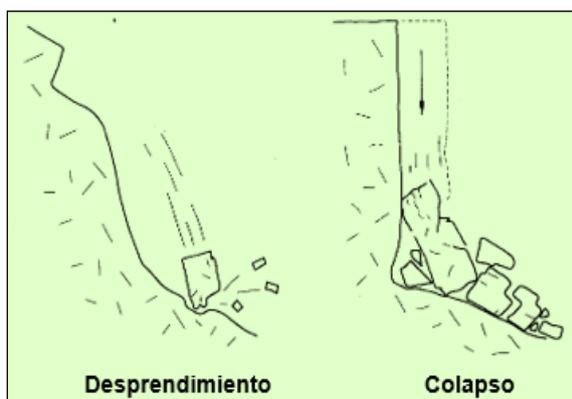


Figura 2. Mecanismos de desprendimiento y colapso
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- **Vuelcos o Basculamiento (topples)**

Un basculamiento (del inglés topple) es la rotación hacia adelante (afuera) de una masa de suelo o roca, alrededor de un punto o eje bajo el centro de gravedad de la masa desplazada (Cruden & Varnes, op.cit.).

El basculamiento algunas veces es causado por el empuje del material localizado ladera arriba y otras veces por el agua presente en las grietas del macizo produciendo caídas o deslizamientos del material desplazado, dependiendo de la geometría del material en movimiento, la geometría de la superficie de separación y la orientación y extensión de las discontinuidades cinemáticamente activas (Cruden & Varnes, op.cit.).

Los basculamientos varían de extremadamente lentos a extremadamente rápidos, algunas veces acelerando con el avance del movimiento.

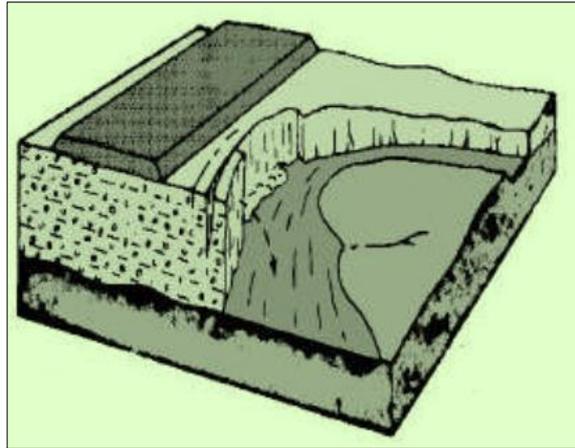


Figura 3. Basculamiento de detritos

Fuente: Varnes, 1978

• Deslizamientos (slides)

Un deslizamiento (del inglés slide) es un movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante (Cruden & Varnes, 1996).

Inicialmente, el movimiento puede ser progresivo, o sea que no ocurre simultáneamente a lo largo de lo que, eventualmente, será la superficie de ruptura; el volumen de material desplazado se incrementa a partir de un área de falla local. (Cruden & Varnes, 1996).

Muchas veces, los primeros signos de movimiento son grietas en la superficie original del terreno, a lo largo de lo que más tarde será el escarpe principal del deslizamiento.

El material desplazado puede deslizarse más allá de la punta de la superficie de ruptura, cubriendo la superficie original del terreno, la cual, a su vez, se convierte en superficie de separación (Cruden & Varnes, op.cit). Se distinguen dos tipos de deslizamientos, atendiendo a la geometría de la superficie de ruptura o de deslizamiento:

✓ Deslizamiento rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava (Cruden & Varnes, op.cit). Los movimientos



en masa rotacionales muestran una morfología distintiva, caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autoestabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

✓ **Deslizamiento traslacional**

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de deslizamiento es plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden & Varnes, 1996). En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar.

El deslizamiento en cuña es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre sí e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida (5 x 10 mm/s) a extremadamente rápida (5 x 10³ mm/s).

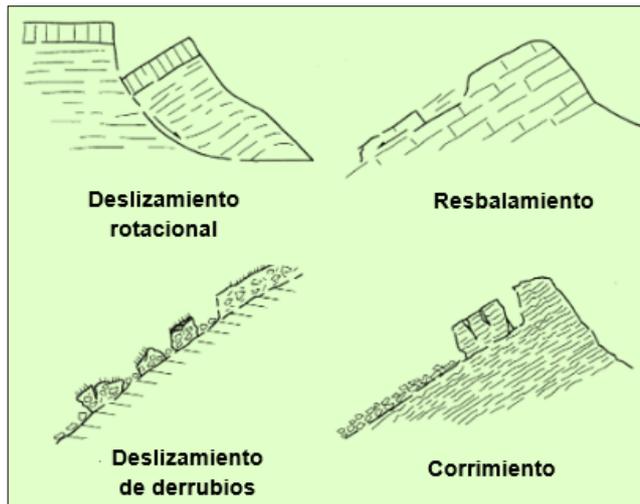


Figura 4. Tipos de deslizamiento
Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997

- **Expansiones laterales (lateral spreads)**

La separación lateral (del inglés lateral spreading) se define como una extensión de una masa cohesiva de suelo o roca, combinada con la subsidencia del material fracturado en un material subyacente más blando (Cruden & Varnes, 1996).

La superficie de ruptura no es una superficie de corte intenso y el proceso es el producto de la licuefacción o flujo (extrusión) del material más blando. Claramente estos movimientos son complejos, pero debido a que son muy comunes en ciertos materiales y situaciones geológicas, es mejor reconocerlos como un tipo separado de movimiento (Cruden & Varnes, op.cit).

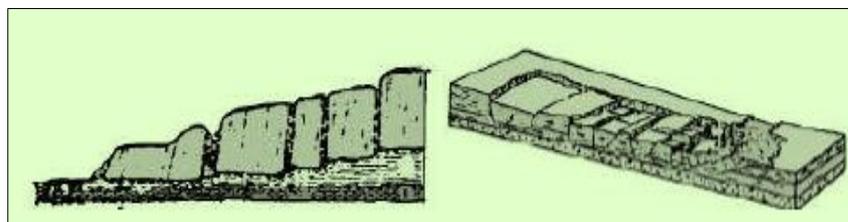


Figura 5: a) Separación lateral en roca; b) Separación lateral en suelo
Fuente: (Varnes, 1978).

- **Flujos (flows)**

Un flujo (del inglés flow) es un movimiento espacialmente continuo, en el que las superficies de corte son de corta duración, de espaciamiento corto y usualmente



no se preservan; la distribución de velocidades en la masa que se desplaza se compara con la de un fluido viscoso (Cruden & Varnes, 1996).

El límite inferior de la masa desplazada puede ser una superficie, a lo largo de la cual se desarrolla un movimiento diferencial apreciable o una zona gruesa de corte distribuido. Es decir, existe una gradación desde deslizamientos a flujos, dependiendo del contenido de humedad, la movilidad y la evolución del movimiento (Cruden & Varnes, op.cit.).

Los deslizamientos de detritos pueden convertirse en flujos de detritos extremadamente rápidos o avalanchas de detritos, en la medida en que el material desplazado pierde cohesión, aumenta el contenido de humedad o encuentra pendientes más fuertes (Cruden & Varnes, op.cit.).

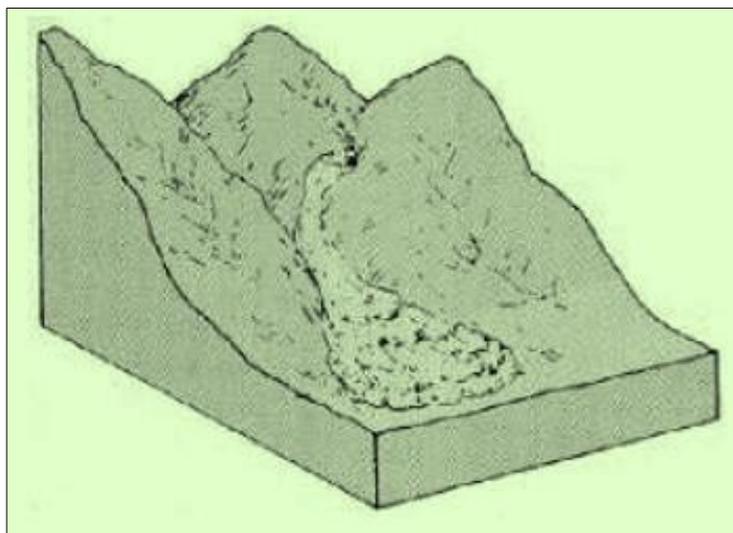


Figura 6. Flujos de detritos
Fuente: (Varnes, 1978)

3.2. Deslizamientos

Los procesos de desplazamiento de materiales, ladera abajo controlados por la gravedad son muy variados y han sido definidos de diversas maneras en la literatura especializada.

Sharpe en 1938, en una obra clásica sobre el tema, definió los deslizamientos de terreno (a lo que él llamó landslides) como la caída perceptible o movimiento ladera abajo de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.



Terzaghi (1950), centró su definición en un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en la cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior.

Varnes (1958), define deslizamiento de terreno (landslide) como los movimientos ladera debajo de roca, suelo o material de relleno artificial, e incluyó en ellos a los caídas (falls), los flujos (flows) y los deslizamientos (slides).

Hutchinson (1968), define el término deslizamiento (landslide) como un movimiento de ladera abajo de masa de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada.

Según Lomtadze (1977), es una masa de roca que se ha deslizado o desliza cuesta abajo por la vertiente o talud por efecto de la fuerza de gravedad, presión hidrodinámica, fuerzas sísmicas, etc.

En el proceso de deslizamiento, las masas de rocas y suelos siempre se mueven por una o varias superficies de resbalamiento (rotura), que constituye un elemento característico de la estructura de cada deslizamiento. La superficie de resbalamiento, es la superficie por la cual sucede el desprendimiento de la masa deslizable y su deslizamiento o arrastre. También se le llama superficie de rotura.

Varnes (1984), define un deslizamiento como un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada.

Crozier (1986), define un deslizamiento como el movimiento gravitacional descendente y hacia el exterior de la ladera de tierras o rocas, sin la ayuda del agua como agente de transporte. A pesar que el término, se utiliza para movimientos de ladera que se producen a lo largo de una superficie de rotura bien definida, la cual hace que el material desplazado se acumule en la parte inferior de la ladera.

Cruden (1991), define a los deslizamientos de terreno como movimientos de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad.



3.2.1. Elementos de un deslizamiento.

Los elementos que conforman un deslizamiento establecidos según Varnes (1978) son los siguientes:

- a) **Escarpe principal:** Una superficie de fuerte pendiente sobre terreno no perturbado alrededor de la periferia del deslizamiento, causado por movimiento de material de deslizamiento fuera del terreno no perturbado. La proyección de la superficie de escarpa debajo del material desplazado viene a ser la superficie de la ruptura.
- b) **Escarpe secundaria:** Una superficie de pendiente fuerte sobre el material desplazado producida por movimientos diferenciales al interior de la masa deslizante.
- c) **Cabeza:** La parte superior del material de deslizamiento a lo largo del contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- d) **Cima:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y la escarpa principal.
- e) **Pie de la superficie de ruptura:** La intersección (a veces enterrada) entre la parte inferior de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.
- f) **Punta del pie:** El margen de material desplazado más lejano de la escarpa principal.
- g) **Puntera:** El punto más lejano de la margen desde la cima del deslizamiento.
- h) **Pie:** La porción del material desplazado que queda pendiente abajo del margen de la superficie de ruptura.
- i) **Cuerpo principal:** Aquella parte del material desplazado, suprayacente a la superficie de ruptura entre la escarpa principal y el pie y la base de la superficie de ruptura.
- j) **Flanco:** El costado del deslizamiento.



- k) **Corona:** El material que aún permanece en su lugar, prácticamente no desplazado y adyacente a las partes más altas de la escarpa principal.
- l) **Superficie original del terreno:** La pendiente que existía antes de ocurrir el movimiento que se está considerando. Si ésta es la superficie de un deslizamiento anterior, el hecho debe ser anotado.
- m) **Izquierda y derecha:** Las direcciones con una brújula son preferibles para describir las pendientes pero si se usa "derecha o izquierda" se refiere al deslizamiento visto desde la corona.
- n) **Superficie de separación:** Es la superficie que separa el material desplazado del material estable, pero no se reconoce que hubiera sido una superficie que falló.
- o) **Material desplazado:** El material que se ha desplazado de su posición original sobre la pendiente. Puede estar en estado deforme o no deforme.
- p) **Zona de agotamiento:** El área dentro de la cual el material desplazado queda debajo de la superficie original del terreno.
- q) **Zona de acumulación:** El área dentro de la cual el material desplazado queda encima de la superficie original del terreno.

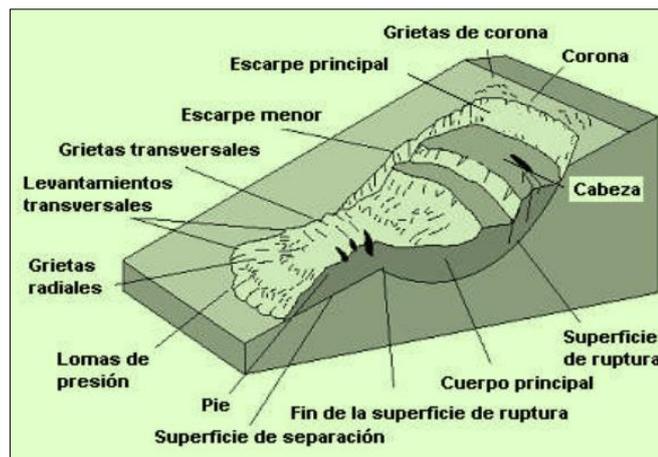


Figura 7. Elementos de un deslizamiento
Fuente: (Varnes, 1978)



3.2.2. Dimensiones

Para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología recomendada por el IAEG:

- ✓ **Ancho de la masa desplazada W_d .**- Ancho máximo de la masa desplazada perpendicularmente a la longitud, L_d
- ✓ **Ancho de la superficie de falla W_r .**- Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicularmente a la longitud L_r .
- ✓ **Longitud de la masa deslizada L_d .**- Distancia mínima entre la punta y la cabeza.
- ✓ **Longitud de la superficie de falla L_r .**- Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.
- ✓ **Profundidad de la masa desplazada D_d .**- Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .
- ✓ **Profundidad de la superficie de falla D_r .**- Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .
- ✓ **Longitud total L .**- Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.
- ✓ **Longitud de la línea central L_{cl} .**- Distancia desde la punta o uña hasta la corona del deslizamiento a lo largo de puntos sobre la superficie original equidistantes de los bordes laterales o flancos.

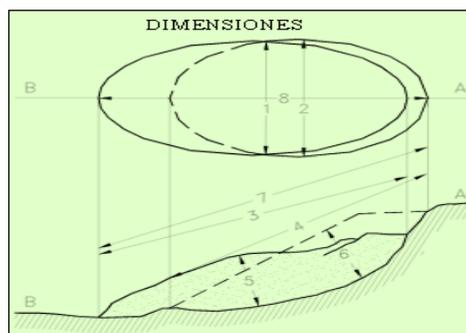


Figura 8. Dimensiones de los movimientos en masa
Fuente: IAEG Commission on Landslides (1990)



La presente tesis se concentrará particularmente en el estudio de los deslizamientos (slides, según la terminología de Varnes), puesto que son los más representativos de este tipo de procesos en el área de estudio, por su número y superficie afectada.

3.2.3. Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos

La estabilidad de las laderas está condicionada por la acción simultánea de una serie de factores. Desde el punto de vista físico, los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno.

Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se pueden separar en dos grandes grupos (Ferrer, 1987): factores internos y externos.

3.2.3.1. Factores internos

Condicionan las diferentes tipologías de deslizamiento, los mecanismos y modelos de rotura. Dentro de ellos se encuentran características intrínsecas, relativas a las propiedades del material y a su resistencia y las características extrínsecas relacionadas con la morfología y condiciones ambientales de la ladera.

Las primeras incluyen parámetros como la litología (textura, granulometría, cementación), consolidación y espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de estratificación y de debilidad (diaclasas, fallas y fracturas). Entre las características extrínsecas se encuentran las morfológicas, como la pendiente de la ladera y su disposición respecto a discontinuidades geológicas y la orientación, y factores de tipo ambiental, como cambios estacionales de temperatura y tipo de vegetación. La pendiente del terreno, así como la morfología propia de la ladera, es un factor y condicionante previo a partir del cual el resto de factores se combinarán influyendo en la estabilidad.

➤ **Relieve.-** La morfología del relieve es un índice geomorfológico que refleja la dinámica externa de un territorio sometido a diferentes grados de afectación



natural y humana. Dicha actividad se percibe en la heterogeneidad espacial de las formas de la superficie terrestre, como respuesta a los procesos geológicos internos y la variabilidad temporal de los fenómenos externos.

Los índices morfométricos, entre ellos el ángulo de la pendiente, a favor del buzamiento de las capas de roca y de los depósitos superficiales en combinación con otros factores son los responsables de la mayoría de fenómenos erosivos y de los deslizamientos. La geometría del talud es un factor muy importante a ser tomado en cuenta en el diseño de cualquier obra de infraestructura a fin de prevenir futuros deslizamientos. Dicha característica está directamente ligada a la topografía y al tipo de roca firme y depósitos superficiales de una zona determinada.

Comúnmente, las pendientes más pronunciadas tienen mayor probabilidad de deslizamientos, pero estos también pueden ocurrir en pendientes suaves.

Otros factores pueden contribuir a que una pendiente suave sea especialmente propensa a fallar y en esta situación, se podría determinar que tiene un potencial relativamente alto de peligro. Por ejemplo, en condiciones de aguas subterráneas cercanas a la superficie y suelos arenosos, podría ocurrir licuefacción durante un terremoto, causando deslizamientos en pendientes tan pequeñas como de 5% a 10%. A la inversa, las pendientes más pronunciadas pueden no ser siempre las más peligrosas, ya que son menos proclives a acumular una gruesa capa de material superficial, que estaría sujeto a cierto tipo de movimiento (Mendoza et al., 2002).

- **Cobertura vegetal.-** El tipo de vegetación existente en una determinada zona influye de manera directa en la estabilidad de las laderas, así por ejemplo, a medida que aumenta la cobertura vegetal, el suelo está más protegido frente a la erosión que causa el impacto de las gotas de lluvia, aumentando la permeabilidad, facilitando la infiltración y por consiguiente frenando la escorrentía.
- **Clima.-** La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de las laderas ya que influencia la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos.



En suelos residuales, generalmente no saturados, el efecto acumulativo puede llegar a saturar el terreno y activar un deslizamiento.

En las zonas tropicales y subtropicales, donde la superficie de la tierra está cubierta por una vegetación densa que facilita la infiltración del agua, por aumento de los tiempos de retención del agua y a su vez son sujetas a lluvias fuertes, pueden aparecer profundidades de meteorización de varios cientos de metros.

En climas secos o áridos la meteorización química es sub superficial, lenta y predominan los fenómenos de meteorización de tipo mecánico, igualmente esto ocurre en zonas tropicales montañosas, con poca vegetación, donde las pendientes altas del terreno no facilitan la infiltración del agua lluvia.

3.2.3.2. Factores externos

Actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas, provocando o desencadenando las roturas debido a las variaciones que ejercen en el estado de equilibrio.

Tres tipos de acciones se incluyen: la infiltración de agua en el terreno, las vibraciones y las modificaciones antrópicas.

- La infiltración de agua provoca el aumento de la presión intersticial disminuyendo la resistencia de los materiales. La relación entre ocurrencia de deslizamientos y períodos lluviosos es bien conocida. Las variaciones del nivel de agua subterránea pueden ser debidas a intensas precipitaciones, intervenciones humanas, entre otras.
- Las vibraciones provocan aceleraciones en el terreno, favoreciendo la rotura y la licuefacción. Éstas pueden ser debidas a movimientos sísmicos naturales o inducidos por el hombre, como explosiones mineras o por obras públicas. La sacudida debida a terremotos naturales es uno de los principales agentes que generan deslizamientos, siendo capaces en el caso de los terremotos más grandes, de desencadenar miles de deslizamientos a lo largo de áreas de más de 100 000 km² (Keefer, 1984).



➤ Las actividades humanas alteran el equilibrio de las laderas debido a cargas estáticas, provocadas por construcciones de viviendas, construcciones de taludes para vías de comunicación.

Asimismo los cambios en el recubrimiento vegetal como la tala de bosques, la repoblación con especies alóctonas e incendios forestales también influyen en la estabilidad de las laderas. Cabe mencionar que unos de los factores globales que son causante los deslizamientos son los cambios en el régimen de la presión del agua del subsuelo que contiene la concentración de infiltraciones por la rotura de drenajes o de los sistemas de abastecimiento de agua, cambio en el régimen de las aguas superficiales, cambio o incluso impedimento de cauces en cañadas, construcción de vasos o tanques de almacenamiento, infiltraciones por fosas sépticas, impermeabilización para la urbanización, lo que reduce la evaporación e infiltración, y aumenta la escorrentía. Adicionalmente a los fenómenos naturales, la actividad humana puede aumentar la tendencia natural para que ocurra un deslizamiento. Dichos procesos son el resultado de las actividades de desarrollo, comúnmente son consecuencia del aumento de humedad en los suelos o debido al cambio de forma en la pendiente, tales como cortes y rellenos a lo largo de carreteras.

Consecuentemente, la construcción de caminos y la supresión de toda vegetación, pueden alterar enormemente la forma de la pendiente y las condiciones de las aguas subterráneas.

Aunque no se puede incluir como factor, existe un parámetro fundamental a tener en cuenta en la estabilidad, y que determina el factor de seguridad en los taludes: el tiempo; este influye sobre aspectos como la geometría del talud, la resistencia del material y la oscilación de los niveles piezométricos. Su influencia se observa en la distinción entre la estabilidad a corto, medio y largo plazo. Un ejemplo de ello es la degradación progresiva de la resistencia de algunos materiales que provoca inestabilidad a medio y largo plazo.

Algunos de los factores definidos anteriormente cambian con el tiempo. Una de las modificaciones para la presencia de los deslizamientos es el cambio en la morfología de la ladera y la imposición de sobrecargas o sobre presiones. Este



se crea por el aumento del ángulo de la pendiente, por la ejecución de cortes y sobrecargas, por la construcción de muros de retención, rellenos, casas y edificios, así como por vibraciones provocadas por maquinaria, además de explosiones para la explotación de canteras, minas y bancos de material. Otras causas antrópicas pueden ser:

- Deforestación.
- Tala de bosques.
- Agricultura, pastoreo y quema.
- Modificaciones del uso del suelo.

Debe señalarse que los cambios que se impongan a una ladera, no necesariamente provocan su inestabilidad, por lo que la construcción de un muro, la colocación de un relleno o la realización de un corte, son actividades que pueden ejecutarse siempre y cuando haya una evaluación geotécnica pertinente. De entre los factores antes citados, se enfatiza que la vegetación en el talud de una ladera y en la plataforma más allá de su corona, juega un rol muy importante en su estabilidad. La deforestación disminuye la succión y con ello la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, propicia la infiltración masiva y rápida del agua de lluvia, y elimina la acción benéfica de las raíces

La ocurrencia de deslizamientos es un fenómeno sujeto a muchos grados de incertidumbre debido a que los deslizamientos incluyen diferentes tipos de movimientos, velocidades, modos de falla, materiales, restricciones geológicas, etc. Al producirse este tipo de fenómenos, trae consigo serio daños materiales y pérdidas de vidas.

Los desastres que originan la ocurrencia de estos eventos pueden minimizarse adaptando medidas de prevención teniendo en cuenta las características de su evolución y los factores que intervienen en su desarrollo.

El establecer zonas de peligros de deslizamientos es una herramienta útil para la toma de decisiones, especialmente en las etapas de planificación de un



proyecto, con la cual se puede reducir el grado de daño que pueda ser propensa dicha actividad a desarrollarse en el área afectada.

La zonificación del peligro de deslizamientos consiste en la división del terreno en áreas homogéneas y la calificación de cada una de estas, de acuerdo al grado real o potencial de amenaza que tenga dicha zona.

3.3. Susceptibilidad por deslizamiento

Ayala-Carcedo y J. Corominas (2002), “La susceptibilidad está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada por movimientos de ladera por desestabilización, determinada a través de un análisis comparativo de factores condicionantes y/o desencadenantes, cualitativo o cuantitativo, con las áreas movidas o alcanzadas, análisis que se materializa normalmente en forma de mapa de susceptibilidad”.

3.3.1. Métodos para el análisis de susceptibilidad por deslizamientos

Según Santana (2001), Los siguientes conceptos se refieren a los principales métodos utilizados para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos.

3.3.1.1. Métodos heurísticos

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de deslizamientos. Son métodos conocidos como indirectos. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El inconveniente de este método bastante popularizado recae en la ponderación exacta de los distintos factores, dado que a menudo, se basa en un conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad. El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita el comparar documentos producidos por diferentes autores.

3.3.1.2. Métodos geomorfológicos



Son métodos directos que se basan en cartografía geomorfológica a partir de la cual el autor identifica y localiza los deslizamientos y procesos asociados a éstos directamente en el campo. La elaboración de estos mapas exige conocer la morfología y tipología de movimientos. Estos métodos así como los heurísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos.

3.4. Geofísica

La geofísica es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental, usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo terrestre, mareas, terremotos, *tsunamis*, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

3.4.1. Sondeos Eléctricos Verticales

Los Sondeos Eléctricos Verticales corresponden a una serie de medidas realizadas alrededor de un punto, en donde se aplica corriente eléctrica a cierta distancia para obtener lecturas de resistividad. Estas diferentes medidas que se van realizando, permiten crear una curva que luego de analizada, se interpreta para identificar las profundidades a las cuales se puede encontrar el objetivo de exploración. Este método permite identificar zonas con potencial de agua subterránea e intercalaciones de sedimentos.

Los Sondeos Eléctricos Verticales también pueden ser utilizados, en conjunto, para identificar cuerpos de interés hidrogeológico y establecer direcciones de flujo de agua subterránea, espesores de unidades y geometría de cuerpos en el subsuelo.



Usos:

- Exploración de Agua Subterránea.
- Medición de Resistividades Eléctricas del Subsuelo.
- Medición de espesores de aluviones (Depósitos de tipo aluvial), tales como gravas y arenas de río.
- Exploración de interfases Aluvión – Roca (Depósitos de tipo aluvial), para depósitos auríferos de tipo aluvial.
- Ubicación de la superficie de corte en deslizamientos.

3.5. Sistema de Información Geográfica

Al realizar la cartografía de una zona, se mezclan dos conceptos: la situación georreferenciada del dato y la información temática (atributo). Estas dos características, el componente espacial y la información temática asociada, configuran la base para entender los Sistemas de Información Geográfica.

Se han realizado varias definiciones en torno a los Sistemas de Información Geográfica (Cebrián y Mark, Burrough, Bracken y Webster, NCGIA, en Almaguer, 2005). De manera simple, un Sistema de Información Geográfica se puede contemplar como un conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información. Así es posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona. Un SIG se puede considerar esencialmente como una tecnología (un sistema de hardware y software) aplicada a la resolución de problemas territoriales (Bosque, 1992; Suárez, 1998). Como programa de ordenador, presenta capacidades específicas con las siguientes funciones: funciones para la entrada de información, funciones para la salida representación gráfica y cartográfica de la información, funciones de gestión de la información espacial y funciones analíticas.

Un SIG puede contener varios modelos de datos de los objetos geográficos: el modelo vectorial, el modelo raster, el jerárquico-recursivo, etc., todos ellos válidos para los mapas formados por puntos, líneas y polígonos, y preparados para realizar determinadas funciones.



También existen modelos de datos espaciales para realizar mapas tridimensionales o de volúmenes (modelo basado en una red de triángulos irregulares).

El desarrollo de los SIG ha incrementado enormemente la disponibilidad de las técnicas de evaluación de susceptibilidad a deslizamientos y su aplicación (van Westen, 1994).

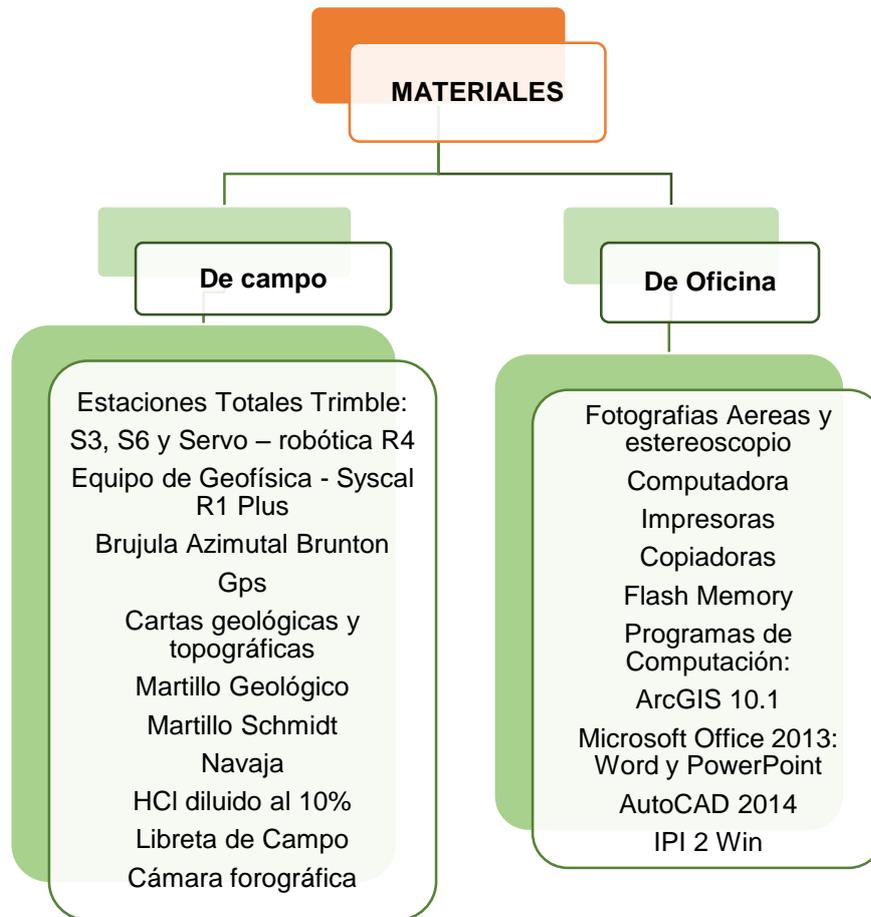
De esta forma los SIG son una herramienta perfectamente aplicable para realizar el análisis y la posterior cartografía de susceptibilidad, de peligrosidad y/o del riesgo por deslizamientos.



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

Para la ejecución del presente Proyecto de Tesis se utilizó los siguientes materiales:



Cuadro 1. Materiales
Fuente: Elaborado por el Autor

4.2. Métodos

Para el evaluar la susceptibilidad a deslizamiento, existen diversas aproximaciones, basadas la mayor parte de ellas en la determinación de los factores que influyen en la aparición de los mismos.



En general, estos factores se combinan para definir los distintos grados de peligro, expresándose los resultados cartográficamente mediante los mapas de peligro (Hansen, 1984; Van Westen, 1993 y 1994). En la presente investigación el método a utilizar será el método heurístico.

El método heurístico se basa en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara et al., 1995).

El procedimiento que se emplea en el método es un análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Bosi, 1984). El análisis heurístico introduce un grado de subjetividad que imposibilita comparar documentos producidos por diferentes autores.

Una de las herramientas usadas para el desarrollo del proyecto es el empleo de paquetes informáticos como: ArcGis 10.1 y AutoCAD, la utilización de fotos aéreas, entre otros, los cuales ayudarán a la conformación de una base de datos y también el uso de técnicas cartográficas.

Como inicio del trabajo de campo se realizó una visita de reconocimiento a lugar de estudio, delimitando visualmente las zonas, para establecer el área de estudio y planificar los trabajos posteriores.

Las metodologías a seguir para la realización del trabajo de tesis se describen a continuación por objetivos específicos:

4.2.1. Primer Objetivo: Levantamiento topográfico y geológico a detalle

Levantamiento topográfico a detalle.- Se realizó el levantamiento topográfico a detalle del tramo de estudio (200 metros a cada margen de la vía) con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre.



A más de esto se ubicó los deslizamientos presentes los cuales nos servirán para el desarrollo del mapa de susceptibilidad final y el inventario de deslizamientos del sector de estudio.

Para el efecto se utiliza las estaciones totales Trimble S3 y S6 y la estación servo robótica R4 con navegador GPS.

Una vez levantados los datos se procede a descargarlos al ordenador usando el software propio del equipo topográfico, mismo que tiene la opción de convertir los datos a formato (.CSV) compatibles con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres planos (x, y, z).

Obtenidos estos datos, se genera el mapa topográfico, para lo cual se importa los datos de Excel al software ArcGis 10.1 Para crear las curvas de nivel con las herramientas que nos brinda este software.

Finalmente se verifica que la interpolación dada por software coincida con el relieve real, se dibuja las vías, viviendas y drenajes, creando polígonos y polilíneas uniendo puntos levantados en el trabajo de campo.

Levantamiento geológico a detalle.- La siguiente fase del trabajo de campo consistió en realizar el levantamiento geológico e inventario de deslizamientos, para lo cual se ubica geográficamente los afloramientos mediante: senderos, caminos, vías, quebradas, taludes y más factores naturales y antrópicos que permitan visualizar la geología del sector, para luego realizar la descripción geológica detallada de cada afloramiento y tomar datos estructurales de los estratos.

Cada dato tomado fue ubicado sobre la base topográfica diferenciando con colores las diferentes litologías existentes en el sector. De la misma manera se llena la ficha de inventario de deslizamientos, clasificando cada movimiento de acuerdo a las características geológico-estructurales como descripción geológica, datos estructurales coordenadas y criterios del autor que serán fundamentadas posteriormente para determinar las zonas susceptibles a desplazarse.



4.2.2. Segundo Objetivo: Determinar mediante análisis geofísicos a través de Sondeos Eléctricos Verticales, la presencia del nivel freático y litología del sector.

Para realizar el ensayo de geofísica se utilizó el método Sondeo Schlumberger. El sondeo consiste en separar progresivamente los electrodos inyectoros A y B dejando los electrodos detectores M y N fijos en torno a un punto central fijo. La representación de este sondeo muestra en ordenadas ($W \cdot m$) y en abscisas la distancia $AB/2$ (m). En este sondeo el efecto de las heterogeneidades irrelevantes es menor pues sólo se mueven el par de electrodos inyectoros A y B. Para la realización del Sondeo eléctrico Vertical se realizó las siguientes fases:

1. Se seleccionó el lugar de sondeo de acuerdo a las características topográficas (relativamente plano) del lugar ya que se debe de considerar la abertura de carretes.
2. Ubicar el punto central SEV y del arreglo para asegurar su linealidad.
3. Se mide hacia ambos lados del arreglo las distancias en las que se ubicarán los electrodos de potencial M y N; mediante la cinta métrica.
4. Se procedió a llenar los datos generales que requiere el formato del equipo Syscal Junior R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión) que se muestra en la **Figura 9**.
5. Después se realiza las mediciones conforme a la distancia $AB/2$, configurando el aparato para que nos diera las repeticiones requeridas de datos.
6. Se registran los datos proporcionados por el dispositivo, utilizando la tabla, que se observa en el **Anexo 1**.
7. Finalmente, se graficarán los datos de resistividad aparente contra la distancia $AB/2$ para observar el comportamiento de los materiales a la resistividad.



Figura 9. Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch Versión)
Fuente: Realizada por el Autor

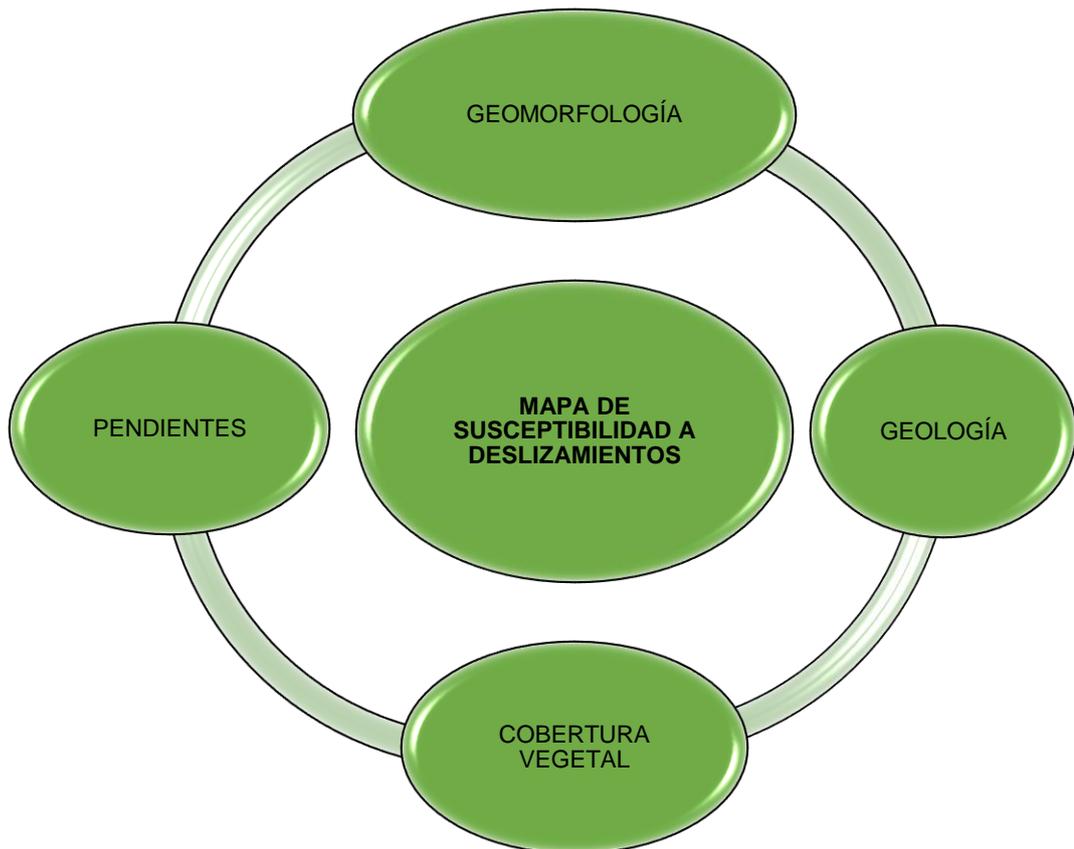


4.2.3. Tercer Objetivo: Elaborar el mapa susceptibilidad a deslizamientos

Para la evaluación de la susceptibilidad se aplicó el método heurístico, en combinación con el método de suma de rangos. Este método heurístico considera los factores que influyen en la inestabilidad mediante asignación de pesos o criterios de acuerdo a la importancia.

Como paso previo es la realización de los mapas de los factores que influyen directa o indirectamente en la ocurrencia de los deslizamientos.

En el análisis se utilizó los siguientes mapas temáticos que se observan en el **Cuadro 2**. Hay que recalcar que todo el análisis se lo realizó en el software ArcGis 10.1.



Cuadro 2. Factores Condicionantes y Desencadenantes a deslizamientos

Fuente: Elaborado por el Autor

Los criterios utilizados para determinar la susceptibilidad a deslizamientos son los propuestos por Sarkar y Kanungo, 2004:



Tabla 1. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos

Criterio	Susceptibilidad	Categoría
Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.	Muy alta	5
Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.	Alta	4
Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.	Moderada	3
Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.	Baja	2
Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.	Muy baja	1

Fuente: (Sarkar y Kanungo, 2004).

Una vez proporcionados los pesos a cada una de las clases se utilizó la herramienta SUMA PONDERADA, que ofrece la posibilidad de ponderar y combinar un sinnúmero de entradas para crear el análisis deseado. Las entradas en este caso serán los mapas raster que tendrán incorporados los pesos asignados por la importancia a que se produzcan deslizamientos.

Los pesos que se asignaran a los mapas son los propuestos por Janssen y Van Herwijnen (1994), dependiendo el número de mapas o entradas para el análisis.



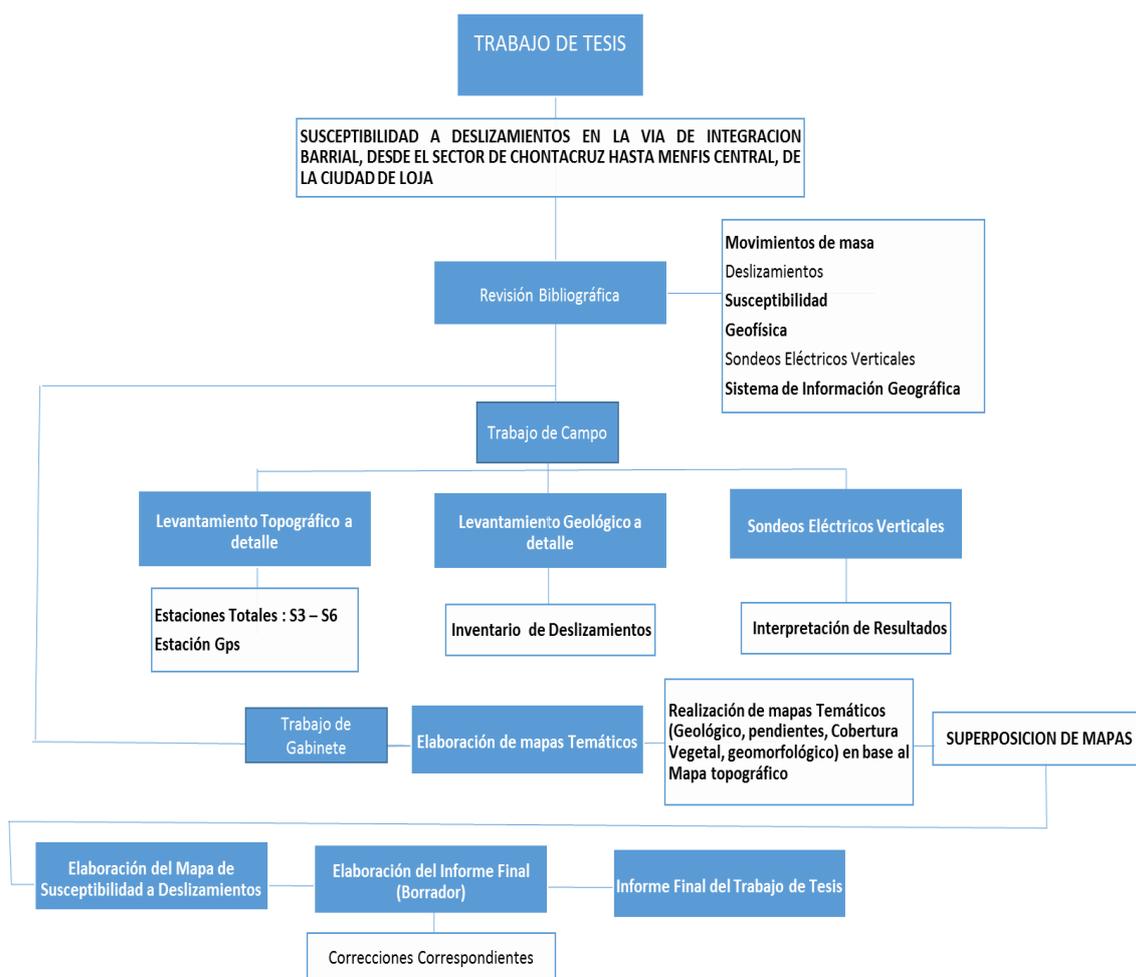
Tabla 2. Pesos de criterios usando el Método de Suma de Rango.

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Janssen y Van Herwijnen (1994)

Los pesos de la tabla anterior serán asignados a cada capa temática en cuanto a su importancia en la ocurrencia de deslizamientos y así llegar al análisis final "Mapa de Susceptibilidad".

A continuación se puede observar un diagrama en donde se especifican los pasos que serán considerados para la elaboración del trabajo final de tesis.



Cuadro 3. Diagrama para la elaboración del Trabajo de Tesis
Fuente: Elaborado por el Autor



5. RESULTADOS

5.1. Descripción Biofísica del sector de estudio

5.1.1. Ubicación y acceso

Loja, ciudad perteneciente a la República del Ecuador, situada en la parte oriental de la provincia de Loja, en el sur del país. Es la capital de la provincia y cantón homónimos.

Geográficamente el cantón Loja se encuentra al sur del Ecuador, en la sierra austral limitando al Norte con el cantón Saraguro, al Sur con la provincia de Zamora Chinchipe, al Este con la provincia de Zamora Chinchipe y al Oeste con la provincia de El Oro, Catamayo, Gonzanamá, Quilanga.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado al Sur – oeste del perímetro urbano de la ciudad de Loja; en la vía de integración barrial comprendiendo el tramo desde el sector Chontacruz hasta Menfis central (3+500 m – 4+400m). El área de estudio se encuentra en las parroquias urbanas Sucre y San Sebastián como se puede observar en la **Figura 10**.

El acceso al área de estudio se lo puede efectuar por vía terrestre a través de la vía de integración Barrial desde el sector de la Argelia sentido Sur – Norte, o a su vez desde el sector de Ciudad Victoria sentido Norte – sur. También se puede acceder desde la parte céntrica de la ciudad por la avenida asfaltada Eugenio Espejo.

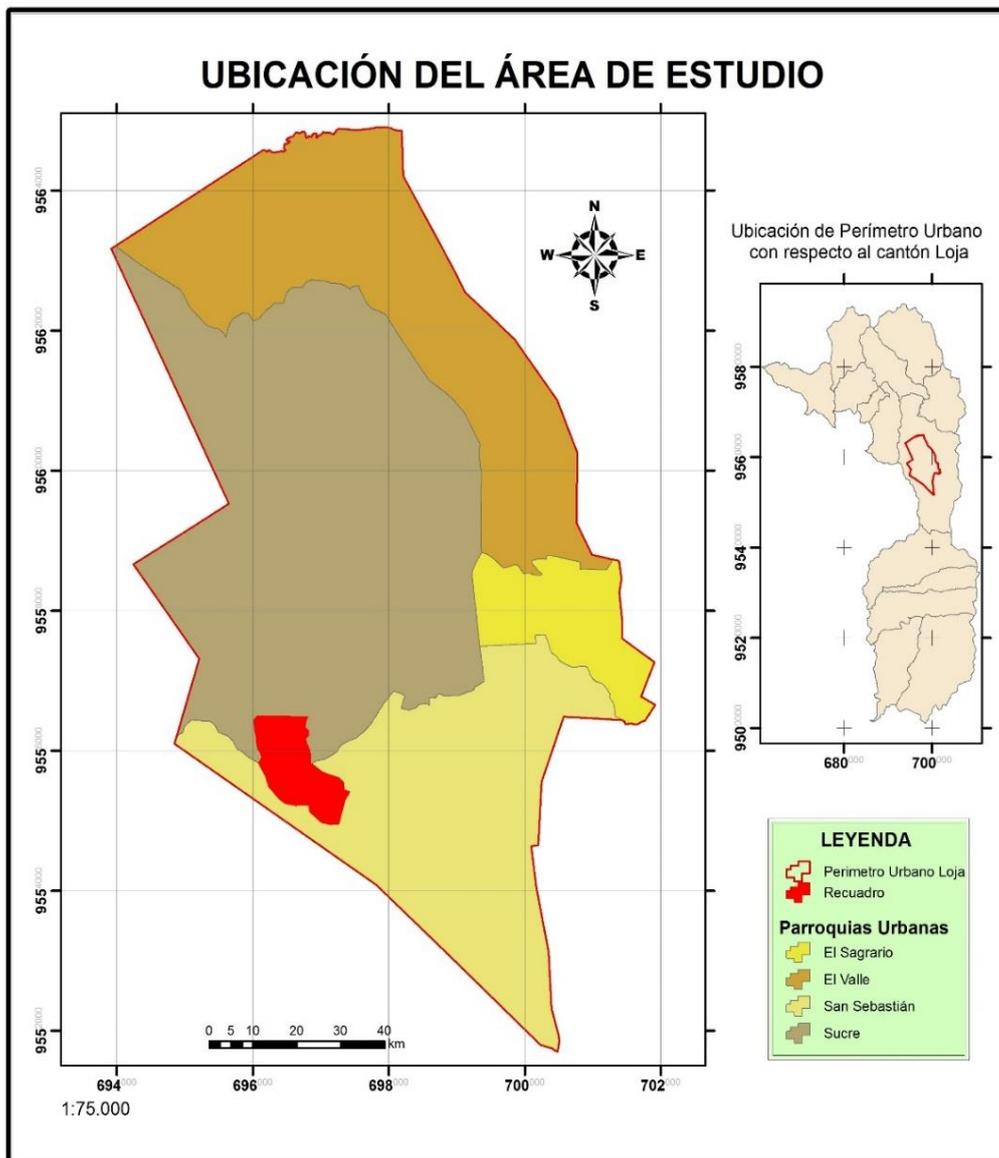


Figura 10. Ubicación del Área de estudio en el perímetro urbano de la ciudad de Loja
Fuente: Modificado por el Autor a partir de información del GPL

5.1.2. Clima

El clima de la ciudad de Loja se ubica en clima templado Andino, puesto que se asienta en la cuenca alta del Zamora, influenciado por el clima tipo amazónico y los vientos alisios. Las mesetas y pequeños valles se encuentran sobre los 2 000 m.s.n.m.

El clima es similar al resto de la serranía del país, con temperaturas que fluctúan entre los 14° C y 21° C, una humedad relativa del 75%, además, el viento se desplaza en diferentes direcciones con velocidades que varían entre 1 y 4.3 m/s.



La oscilación anual de la temperatura lojana es de 1,5 °C, generalmente cálido durante el día y más frío y húmedo a menudo por la noche; según los registros de la última década (INAMHI).

Los meses de menor temperatura fluctúan entre junio y septiembre, siendo julio el mes más frío. De septiembre a diciembre se presentan las temperaturas medias más altas, sin embargo en esos mismos meses se han registrado las temperaturas extremas más bajas. Particularmente en el mes de noviembre se registra el 30% de las temperaturas más bajas del año.

En los últimos cuarenta años, la temperatura de la ciudad se ha elevado en 0,7 °C, habiéndose registrado en los años 2003-2004 las temperaturas más altas, las cuales han llegado a 28° C, de acuerdo a los datos registrados por el INAMHI. Para el análisis de Susceptibilidad a deslizamientos no se ha tomado en cuenta mapas de isoyetas e isotermas ya que el sector de estudio se encuentra en un mismo rango de precipitación y temperatura.

5.1.3. Vegetación

La vegetación del área de estudio se encuentra básicamente representada por dos tipos que son característicos, de acuerdo a la ubicación en la que se encuentran:

Un bosque de montaña baja, que se extiende sobre diversas colinas, en las que se encuentran plantaciones de *Alnus acuminata Kunth* (Aliso), *Pinus patula* (Pino), *Eucaliptus globulus labil* (Eucalipto), de igual forma se observa dentro de este mismo tipo la vegetación silvestre típica de la zona como *Bacharis obtusifolia* (Chilca redonda), *Gynoxys sp* (Chilca), *Oreocallis grandiflora* (Cucharillo), *Pterydium sp* (Llashipa), y diversos tipos de pastizales como: *Melinis minutiflora* (Pasto), *Holcus lanatus* (Holco,) *Cuphea racemosa* (Hierba de toro), *Tridium repens* (Trébol blanco), *Pennnisetum clandestinum* (Kuicuyo).

El otro tipo, de vegetación baja, ubicado en valles y llanuras, compuesto principalmente por cultivos de hortalizas, cereales, frutales y árboles ornamentales, etc. y áreas urbanizadas de la ciudad de Loja (Sierra et al., 1999).



El mapa de cobertura vegetal fue uno de los parámetros utilizados en el análisis final, la elaboración del mismo se detalla en los siguientes resultados específicos.

5.1.4. Relieve

La zona de estudio se encuentra dentro de la cuenca de Loja, que tiene una forma elíptica, alargada de Norte a Sur, con aproximadamente 25 km en el eje N-S y 10 km en el eje transversal (Kennerley, 1974).

El área de estudio se encuentra entre las cotas que van desde los 2240 m.s.n.m. en los sectores más bajos, hasta 2345 m.s.n.m. las zonas más elevadas. Su morfología presenta relieves variados, desde estados juveniles de desarrollo hasta etapas de madurez; que reflejan el proceso de evolución y relleno de la cuenca sedimentaria a lo largo de su historia geológica (Kennerley, op.cit).

La morfología general de la cuenca presenta las siguientes características (Abad, 2006):

- Una zona central, topográficamente baja (2 050 - 2 200 msnm), que ocupa el eje principal de la cuenca, donde se asienta la ciudad de Loja, con un relieve casi plano y cubierta por material aluvial, el cual denota el curso de drenaje N-S del Río Malacatos, con un gradiente longitudinal que varía entre 3° y 6°.
- Una zona premontana, que comprende los bordes sedimentarios que actúan como límites de la cuenca sedimentaria. Esta zona cubre en parte los declives de las elevaciones circundantes compuestas por rocas metamórficas, con alturas promedio de 2 400 msnm que presentan un relieve moderado, con suaves pendientes en el sentido de la depositación (hacia el Oeste) y muestran grandes y abruptas caídas o desfiladeros en contrapendiente originadas por procesos endógenos y exógenos.
- Una zona de montaña en los bordes occidental y oriental de la cuenca, que constituye las estribaciones de las cordilleras con alturas entre 2 600 y 3 418 msnm, compuesta exclusivamente por rocas metamórficas. Muchas de las quebradas y pequeños drenajes que alimentan los ríos principales nacen en estas montañas (Abad 2006).



5.1.5. Hidrografía

La hidrografía de la hoya de Loja se caracteriza porque su parte central está drenada por los ríos Zamora y Malacatos. Estos dos ríos se unen en la ciudad, continuando hasta el recinto Las Juntas, en donde cambian radicalmente de dirección hacia el Este, pasando por Jimbilla y tomando el nombre único de Zamora. El río Zamora es un afluente del río Amazonas que desemboca en el océano Atlántico.

Como drenajes o ramales hidrográficos secundarios o subsecuentes, que circulan en direcciones más o menos perpendiculares a los drenajes principales antes mencionados, se pueden citar los ríos Zamora Huayco y Jipiro, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, Violeta, Alumbre, Las Pavas, San Cayetano, La Banda, El Salado, entre otras, que conforman una red dendrítica como se puede observar en la **Figura 11**.

Los caudales de estas corrientes son en la mayoría de casos poco considerables. Hay una mayor densidad de drenaje en la parte oriental de la cuenca (estribaciones de la Cordillera Real), básicamente debido a la baja conductividad hidráulica de las rocas metamórficas que limita la infiltración; y también a la mayor cantidad de lluvias. En contraste, la parte central y occidental de la zona de estudio, presenta un drenaje espaciado subparalelo, debido a la presencia mayoritaria de rocas sedimentarias, más erosionables y meteorizadas. (Abad, 2006).

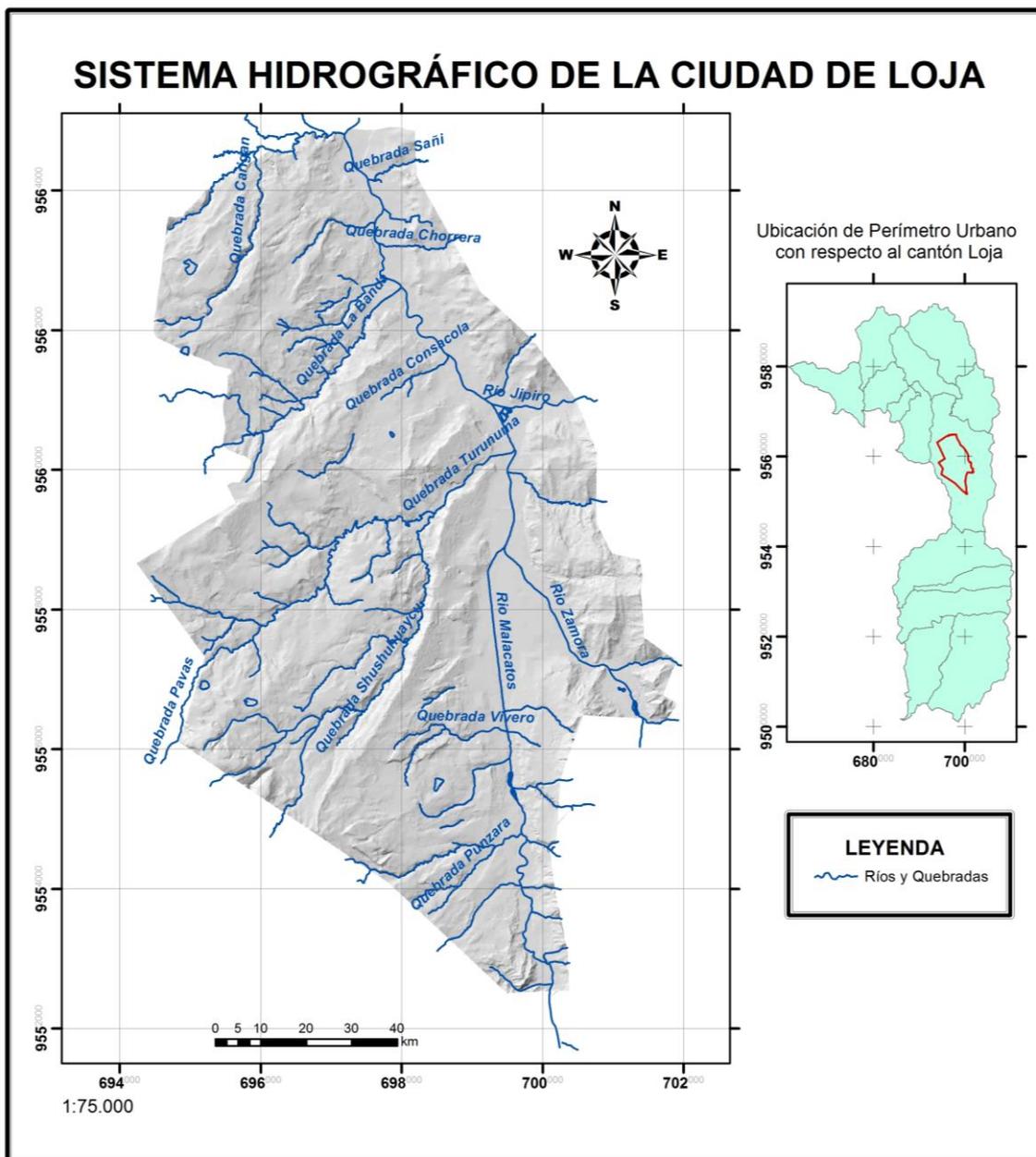


Figura 11. Sistema Hidrográfico de la Ciudad de Loja
Fuente: Modificado por el Autor a partir de información del GPL



5.1.6. Datos socio – económicos

Según el VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos, el cantón Loja de la provincia de Loja, tiene una población de 214 855 personas, que corresponde al 47% de la población de la provincia, la cual tiene 448 966 habitantes.

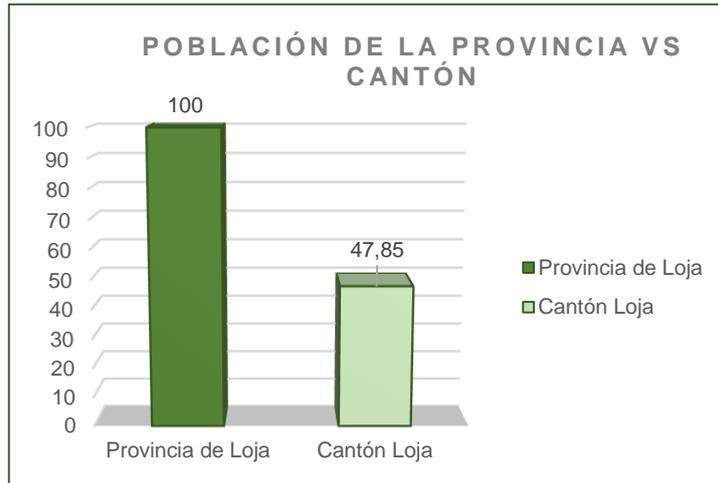


Grafico 1. Población del cantón Loja con respecto a la provincia

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

La población urbana asciende a 170.280, que representa el 79.3% de la población total. En el área rural, viven 44.575 personas, que representa el 20.7% de la población.

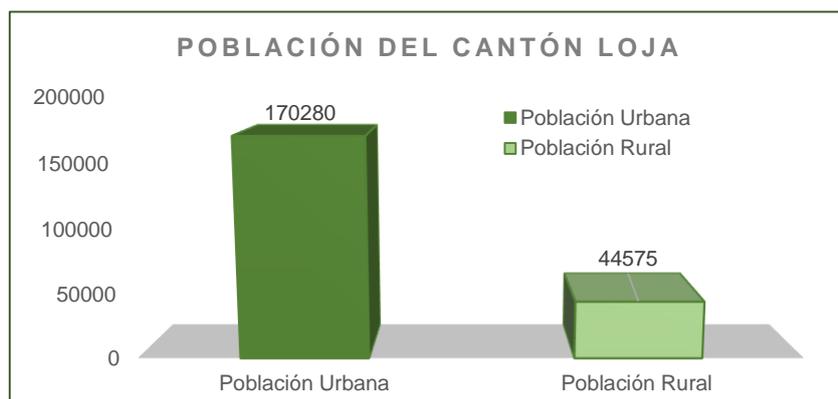


Grafico 2. Población del cantón Loja (urbana y rural)

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.



En el ámbito de los grupos étnicos culturales, el 2.6% de la población se auto identifica como Indígena, el 2.5% como afroecuatoriana y 1.1% como montubia. El restante 93.8% se autoidentifica como mestiza y otra.

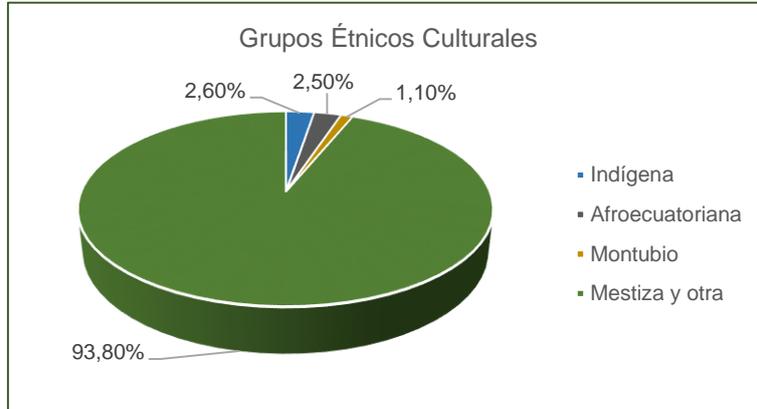


Gráfico 3. Grupos Étnicos Culturales

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

En la cabecera cantonal viven 20.662 personas pobres extremas por NBI y 43 220 pobres no extremos por NBI, que corresponden al 11.44% y 23.93% de su población respectivamente. Del total de pobres extremos por NBI en el cantón Loja el 56.63% se concentran en su cabecera cantonal y del total de no pobres extremos por NBI el 77.66%.

De la población total (180 616 habitantes), el 47,96 % son hombres (86 631 habitantes) y el 52,04 % son mujeres (93 986 habitantes).

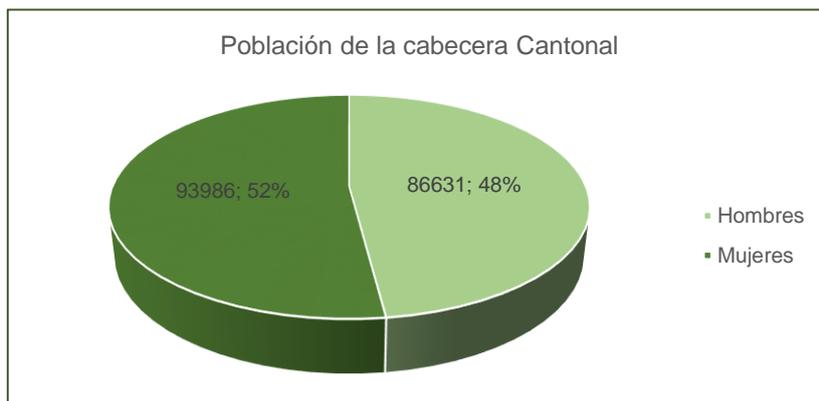


Gráfico 4. Población por sexo de la cabecera Cantonal

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.



5.1.6.1. Composición Demográfica

➤ Población Económicamente Activa (PEA) por sexo y actividades:

En el cantón Loja la Población Económicamente Activa es de 82.1 mil personas. De los cuales más de la mitad (59%) son hombres.

El 94.5% de la PEA está ocupada. La principal rama de actividad de la PEA es el comercio al por mayor y menor (20.7%), construcción (10.7%), enseñanza (10.6%), industria manufacturera (8.5%), agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (7.9%), administración pública y defensa (7.6%), transporte y almacenamiento (6.2%), el resto se dedica otras actividades.

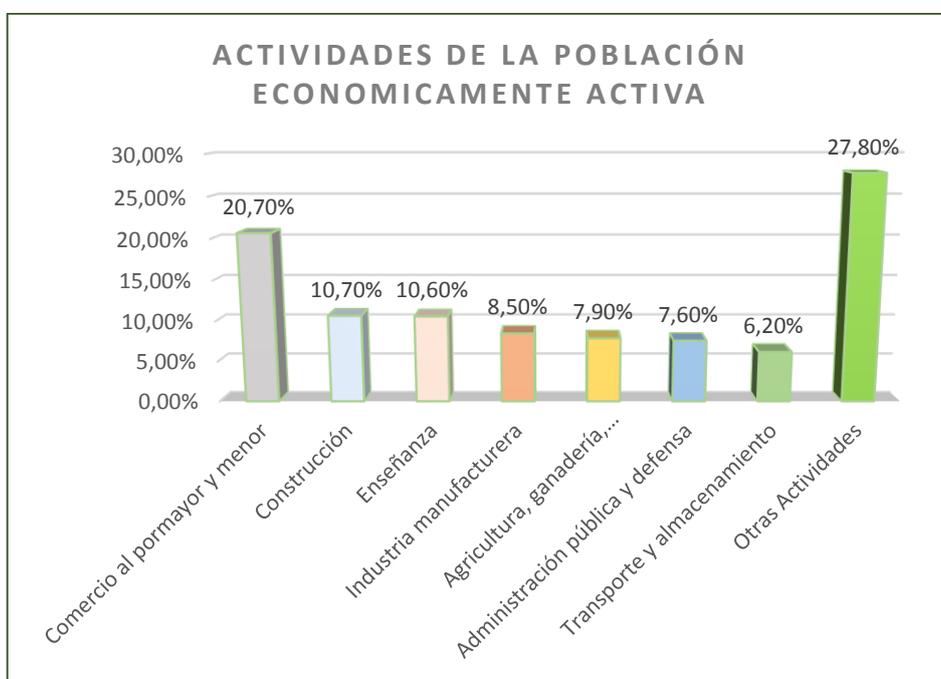


Gráfico 5. Actividades de la población económicamente activa

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

➤ Población según niveles de instrucción:

En el ámbito educativo, en Loja el 3.2% de la población mayor a 15 años no sabe leer ni escribir; es decir, es analfabeta. Existen diferenciales en distintos ámbitos. Por ejemplo note que la incidencia del analfabetismo es del 14.8% en la población indígena, 8.1% en el área rural, 9.7% en pobres extremos y 3.8% en mujeres. Por otro lado, del total de analfabetos el 51.2% viven en el área rural, y



el 77.6% son pobres por NBI. Casi el 64% de los analfabetos en el cantón son mujeres.

La escolaridad promedio de la población es de 11.5 años. Las mujeres en promedio alcanzan 11.5 años de escolaridad, igualmente para los hombres alcanzan 11.5 años. Al igual que en el analfabetismo, se evidencian brechas importantes. Por ejemplo, la población indígena alcanza 6.8 años de escolaridad en promedio, mientras que los demás –mestizos, blancos y otros no pertenecientes a grupos étnicos culturales-, alcanzan 11.7 años de escolaridad. Note también, que la población que reside en el área rural, tiene 7.3 años de escolaridad, mientras que en el área urbana la escolaridad promedio es de 12.6. Finalmente, en el ámbito de la pobreza, la escolaridad promedio de la población pobre extremo por NBI es de 6.8 mientras que los no pobres extremos es de 12.3 años.

Sin duda alguna, el cantón Loja constituye un centro de atracción provincial, puesto que al ser la cabecera provincial presenta mejores condiciones de vida respecto de los restantes cantones. Ello se traduce en un mayor número de centros educativos, comercios, empresas, actividad financiera, etc. Su población registra aumentos constantes puesto que en todos los censos poblacionales se ha incrementado sostenidamente su tamaño. Para el período 1950 - 2010 su población se ha incrementado casi cuatro veces lo que constituye un importante aumento a nivel provincial (de 60 158 habitantes a 214 855 habitantes).

5.1.6.2. Economía

Loja es la ciudad con mayor influencia sobre el PIB de la provincia homónima (87% de la economía provincial), además y de acuerdo con un estudio efectuado por el Banco Central del Ecuador, la ciudad de Loja aporta al alrededor de 1,9% de la economía nacional. La inflación al consumidor de enero de 2009 estuvo situada alrededor del 0.6% en la ciudad de Loja, por debajo de la media nacional de 8.8%, según el INEC.

Con relación al destino de los recursos, las diferentes investigaciones concuerdan en que poco más del 50 % se destina al consumo y menos del 20 % a inversiones. En cualquier caso, debido a la importancia de los montos, sin lugar



a dudas los recursos provenientes de las remesas que envían los migrantes, han dinamizado la economía de la provincia y de la ciudad de Loja en particular, especialmente en los sectores: comercial y de la construcción.

De acuerdo al Censo Económico realizado por el INEC en el año 2010, en el cantón Loja existen 11.694 establecimientos, distribuidos en los diferentes sectores de la economía. Las principales actividades económicas en orden de importancia son:

Tabla 3. Principales actividades, según establecimientos económicos, cantón Loja

ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRINCIPALES	PORCENTAJE
1. Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores y motocicletas	53,40% (97% comercio al por menor y 3% comercio al por mayor)
2. Industrias manufactureras	9,3%
3. Actividades de alojamiento y de servicios de comidas	9,30%
4. Actividades profesionales, científicas y técnicas	6%
5. Información y comunicación	4%
6. Actividades de servicio administrativos y de apoyo	2%
7. Enseñanza	2%
8. Otras actividades	14%

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda del Instituto Nacional de Estadística y Censos. INEC 2010.

5.1.6.3. Industria

Geo – Loja (2007), el incipiente desarrollo de la industria, entre otros factores como el aislamiento y las vías de comunicación inadecuadas, obedece a que los lojanos, en su mayoría, no han logrado derivar los procesos de acumulación de capital hacia otros sectores productivos, destinando, en muchos casos, sus recursos predominantemente a vivienda, bienes de consumo y procesos de especulación financiera, a través de los bancos.

Las pocas industrias que existen en la actualidad, datan de los años sesenta–setenta y se orientan, en su mayoría, a la elaboración de productos alimenticios y bebidas. Ninguna de ellas consta en el registro de las 1.000 empresas más importantes del país, elaborado por la Superintendencia de Compañías.

Cabe recalcar que en el lugar de estudio existen dos empresas; una destinada a la alimentación como es “SURCARNICOS” que produce todo tipo de embutidos, por otro lado esta “HORMIC” planta destinada a la construcción ya que abastece de hormigón donde se requiera.



5.2. Resultados Específicos

5.2.1. Topografía

Una vez obtenida la información de campo, se procedió a importar los datos al Software ArcGIS 10.1 para su respectivo análisis y digitalización y de esta manera obtener el mapa topográfico.

En este mapa se pudo representar los siguientes elementos: vías, viviendas, cultivos, parcelas, postes, quebradas, deslizamientos, entre otros.

Además se obtuvo los siguientes datos:

- ✓ El levantamiento topográfico comprendió aproximadamente 78,5 ha y 0,9 km lineales de la vía de Integración Barrial.
- ✓ La descripción topográfica del área de estudio se tomó la cota más alta de 2345 m.s.n. m. en el sector de Chontacruz, por otro lado la cota inferior de 2240 m.s.n. m. en la quebrada que pertenece a la Urbanización de Municipio "Cascaquilla", de forma general el sector de estudio presenta relieves poco accidentados con pendientes de (15° - 40°) lo que representa sectores semiplanos.
- ✓ El Levantamiento Topográfico sirvió como base para el levantamiento geológico en donde se pudo ubicar los puntos de afloramientos, líneas de Sondeos Eléctricos verticales, y la elaboración del mapa de pendientes a partir de las curvas de nivel.
- ✓ Finalmente se obtuvo el Mapa Topográfico escala 1:5000, con proyección WGS-1984, 17 Sur, con una equidistancia entre curvas principales de 5 metros y 1 metro para las curvas secundarias.



MAPA TOPOGRÁFICO



5.2.2. Geología

5.2.2.1. Geología Regional

La cuenca de Loja se localiza en las estribaciones occidentales de la Cordillera Real que comprende un cinturón metamórfico de edad variada entre Paleozoico y Jurásico formada por divisiones litotectónicas separadas por fallas o suturas regionales con rumbos NNE. Estas divisiones comprenden unidades que muestran un grado de coherencia litotectónica y son de Este a Oeste: Zamora, Salado, Loja, Alao y Guamote. La división Loja corresponde al basamento del área de estudio y debe su nombre a la ciudad de Loja, sobre cuya región aparece en su mayor extensión (aproximadamente 35km de largo) (Litherland et al, 1994). Esta división está representada por rocas sedimentarias semipelíticas metamorfizadas, de edad Paleozoico (Unidades Chiguinda y Agoyán) instruidas por granitos Tres Lagunas del Triásico. También se incluyen en ella las anfibolitas y migmatitas Sabanilla. Las características de las unidades que conforman este terreno y están dentro del área de estudio se describen a continuación:

➤ Basamento Metamórfico

El metamorfismo de la parte sur de la Cordillera Real es denominado Serie Zamora (Kennerley 1973) la edad supuesta es el paleozoico. Litherland et al. (1993,1994) dedujo que las series metamórficas de calidad inferior están agrupadas por filitas, esquistos gráficas, cuarcitas, metalimolitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniana a Permiano; que aflora en la parte occidental de la Cuenca de Loja y en la parte oriental Loja-Zamora. Sin embargo en Tierras Coloradas la presencia de Gneis de grano medio sugiere que pertenecen a la Unidad Agoyán (Litherland et al 1994).

Las rocas anteriormente descritas, especialmente la Unidad Chiguinda, corresponden al basamento metamórfico de la cuenca de Loja, cuyas rocas forman el relleno sedimentario que se describe a continuación:



➤ **Estratigrafía de la Cuenca de Loja (terciario)**

Las rocas sedimentarias continentales corresponden al relleno de la cuenca de Loja. Esta cuenca intramontañosa de edad Neógeno, presenta facies arenosas, lacustres y fluviales, un basamento metamórfico-volcánico mixto, rocas de origen continental, una tectónica sinsedimentaria; y, un volcanismo Neógeno contemporáneo al desarrollo de la misma. Estas rocas sedimentarias afloran en casi todos los cortes de carreteras y caminos desde la ciudad hacia las periferias, y en las quebradas y pequeños valles cerca de las estribaciones de las dos cordilleras.

La evolución geodinámica de la cuenca de Loja es similar a la de las demás cuencas sedimentarias Miocénicas del Sur del Ecuador (Cuenca, Girón, Nabón, Malacatos-Vilcabamba y Catamayo-Gonzanamá) que presentan facies costeras marinas y sedimentarias continentales de edad Mioceno Medio a Tardío (Steinmann et al, 1999), aunque Lahuate (2005) les atribuye un único origen continental.

La cuenca de Loja tiene una forma elíptica elongada en dirección N-S (Kennerley, 1973). La secuencia sedimentaria de esta cuenca ha sido estudiada y descrita por varios autores como Kennerley (1973), Hungerbühler et al (2002), Steinmann et al (1999) y Noblet et al (1988). Las series sedimentarias en la cuenca de Loja están tectónicamente divididas por una falla inversa importante post-deposicional convergencia al W, en dos partes, una oriental y otra occidental; y diferentes secuencias de sedimentos en sus límites mutuos (Hungerbühler et al, 2002). Dichas series yacen discordantemente sobre el basamento a los dos lados de la cuenca (Litherland et al, 1994). La litología de esta cuenca se resume a continuación.

➤ **Formación Trigal (Mioceno Medio)**

Está presente a lo largo del margen nor-occidental de la Cuenca. Generalmente consiste de areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limolitas. La potencia varía de 50 a 150 m. hacia el contacto con la Formación La Banda. Descansa discordantemente sobre las rocas



metamórficas de las Unidades Chiguinda y Agoyan, y esta sobrepuesta por la Formación La Banda. Tiene una edad de 11.1 + 1.2 Ma., de edad Mioceno Medio.

➤ **Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío)**

Está constituida principalmente por intervalos de calizas blancas las cuales son: calizas masivas conteniendo moluscos y ostrácodos; repetición rítmica de escasas láminas finas de lutitas carbonatadas y calizas; capas de cherts (sílices) y areniscas amarillas de grano fino. Tiene un espesor de 10 a 20 m. y se disponen de forma continua y horizontal.

➤ **Formación Belén (Mioceno Medio Tardío)**

Esta Formación se localiza cerca del sector de Belén, está caracterizada por capas de areniscas gruesas de color marrón que contienen lentes de conglomerados horizontalmente estratificados; las areniscas muestran estratificación cruzada en escalas métricas; los clastos de los conglomerados son en su mayor parte metamórficos con menos clastos volcánicos. Estas capas son asociadas con capas finas de arenisca y en menor de lutitas. El máximo espesor es de 300 m. con evidencias de variaciones no regionales.

➤ **Formación San Cayetano (Mioceno Tardío A Último)**

Aflora en el Barrio San Cayetano en la parte occidental de la ciudad de Loja y está presente solo al este del Río Zamora. La Formación está dividida en tres miembros con límites transicionales:

Miembro Inferior de Arenisca.- contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerado y lutitas; dentro de las lutitas hay unas pequeñas capas de carbón.

Miembro Limolitas.- abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Hay también algunas hojas y bastantes gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que están preservados en estas laminaciones.



Miembro Superior de Arenisca.- Dominado por areniscas de color marrón y lutitas.

Debido al fuerte plegamiento la estimación del espesor de esta formación es difícil, pero su potencia total puede llegar a 800 m. Descansa discordantemente en la Unidad metamórfica Chiguinda y la sobreyace con una discordancia angular a la Formación Quillollaco. Tiene una edad de Mioceno Tardío a Último.

➤ **Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)**

La formación yace en la Quebrada Quillullacu en la cuenca de Loja está dominada por conglomerados con pocas intercalaciones de arenisca. Los conglomerados están compuestos por clastos metamórficos redondeados, filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos de hasta 50 cm. de diámetro; también hay intervalos menores de arenisca que son interestratificadas. Su espesor varía entre 600 m. al sur de la cuenca, 100 m en la parte central y 500 m. en la parte este de la cuenca.

Los sedimentos muestran una facies típica asociada de un ambiente de abanico aluvial con depósitos detríticos dispersos dominado por canales fluviales, se sugiere una edad del Mioceno Tardío.

➤ **Formación Salapa (Plioceno Último)**

La Formación Salapa localizada en el área del pueblo Salapa contiene líticos y tobas ricas en vidrio. Las tobas son fuertemente alteradas también a veces completamente transformadas a caolinita y no se observan estructuras primarias. Tiene una potencia aproximada de 10 m.

5.2.2.2. Geología Estructural

La cuenca de Loja se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal N160-N170°, que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la Fm San Cayetano.

La actividad de otras fallas con rumbo aproximado E-O en el extremo oriental de la cuenca, como las que se encuentra a lo largo de la Quebrada Pangora y el río Jipiro; al igual que los sistemas de pliegues encontrados en Virgenpamba y la



nueva vía Loja-Zamora, evidencian mayor actividad tectónica en ese lado de la cuenca Izquierdo (1991), en términos generales los sedimentos expuestos en el lado Este de la Cuenca de Loja de edad Mioceno (15-10 Ma) han sufrido un volcamiento producto de la acción de una falla de edad Mioceno Tardío ubicada en el margen oriental. Esta misma falla causó la superposición de las rocas metamórficas del Mesozoico sobre los sedimentos del Mioceno y un acortamiento adicional evidenciado por pliegues abiertos en la Formación Quillollaco. Simultáneamente se dio un plegamiento originando formas isoclinales cuyos ejes son paralelos a la falla. Respecto a la sismicidad en la zona de estudio, (Egred, 1999) destaca los siguientes terremotos con intensidades iguales o mayores a VIII, según el catálogo sísmico del Ecuador:

Tabla 4. Terremotos históricos con Intensidad >VIII en la cuenca de Loja.

N.-	Fecha	Epicentro		Profundidad (km)	Intensidad MM	Provincia de Referencia
		Latitud	Longitud			
1	20/01/1749	-4,00	-79,20	VIII	VIII	Loja
2	23/02/1913	-4,00	-79,40	VIII	VIII	Loja, Azuay
3	12/12/1953	-3,40	-80,60	VIII	VIII	Loja y Norte de Perú
4	10/12/1970	-3,79	-80,66	IX	IX	Loja, El Oro, Azuay y Norte de Perú

Fuente: Egred, 1999.

5.2.2.3. Geología Local

El sector de estudio se encuentra en el flanco Oeste de la Cuenca Sedimentaria de Loja, una vez recorrido y descrito los afloramientos presentes se evidencia diferentes tipos de litologías que se describirán a continuación:

- **Conglomerados con capas de arcillolita (M-PI).**- se encuentra presente en la parte sur del área de estudio donde se evidencia conglomerados con una matriz arcillo-arenosa con presencia de óxidos de hierro que les da una coloración rojiza al afloramiento, los diámetros de los clastos varían de 3 cm a 20 cm de \varnothing . Las capas de arcillolitas se encuentran intercaladas y tienen un espesor de unos 20 a 30 cm; como se muestran en las **Figuras 12 y 13**.



Los conglomerados evidenciados forman un escarpe de unos 25 m. de desnivel que pudo haberse formado por procesos sísmicos.

La litología antes descrita pertenece a la Formación Quillollaco la cual descansa sobre las formaciones del terciario más antiguas.



Figura 12. Afloramiento de Conglomerados, Sector Chontacruz.
Fuente: Realizada por el Autor.



Figura 13. Afloramiento de Conglomerados con intercalaciones de capas de arcillolita.
Fuente: Realizada por el Autor.

- **Arcillas Limosas y Arenosas (MT).**- Este tipo de litologías afloran mayoritariamente en el área de estudio, presenta coloración de café claro a oscuro se algunos sectores específicos. Según los Sondeos Eléctricos Verticales la profundidad excede los 12 metros. En la Urbanización "Cascañillas" se tomó datos estructurales en donde las capas tienen un gran



buzamiento (S 45° W) lo que nos da una idea que en ese sector se ha producido un pequeño anticlinal.

Las arcillas que afloran en el sector pertenecen a la Formación Trigal.



Figura 14. Afloramiento de arcillas limosas en el margen de la vía de Integración Barrial.
Fuente: Realizada por el Autor.

- **Gneis Meteorizados (g).**- Este metamórfico aflora en parte occidental del área de estudio, en donde se observa gneis de grano medio que según el estudio de (Litherland et al 1994) pertenecen a la Unidad Agoyán.

La Unidad Agoyán, pertenece al terreno litotectónico Loja y se encuentra ampliamente distribuida al norte de la cordillera. Los contactos con las unidades adyacentes se consideran tectónicos, y es ampliamente asociada con el granito de Tres Lagunas.

El grado metamórfico de estas rocas es muy alto para la preservación fósil pero edades radiométricas varían del Precámbrico al Cretácico tardío, aunque se le asume que pertenece al Paleozoico (Litherland & Aspend, 1994).



Figura 15. Afloramiento metamórfico en el barrio Las Rosas.
Fuente: Realizada por el Autor.



Figura 16. Muestra de mano, Gneis Meteorizado de la Unidad Agoyán.
Fuente: Realizada por el Autor.

- **Depósitos Coluviales (dc).**- Se pudo observar que al pie de la Unidad Agoyán (gneis meteorizado) la presencia de coluviones del mismo material de la parte alta que por su topografía se han ido depositando en las partes más bajas. Estos coluviones tienen un diámetro de 40 cm en las partes más altas lo que va disminuyendo en cuanto se alejan que tan solo tienen unos 15 cm. Estos Depósitos pertenecen al Cuaternario.

La matriz de los coluviones es de arcilla limosa y arenosa de la Formación Trigal.



Figura 17. Coluvión ubicado en la parte Occidental del área de estudio.
Fuente: Realizada por el Autor.



Figura 18. Gran coluvión de material metamórfico.
Fuente: Realizada por el Autor.

- **Depósitos Aluviales (da).**- Depósitos del cuaternario que se encuentran en las quebradas Las Rosas y El chorro. Estos depósitos han sido acarreados por miles de años por el afluente lo que se evidencia por las capas que se han formado de forma horizontal cuando el flujo ha sido laminar. También de evidencia material en donde el flujo ha sido turbulento.

En la siguiente tabla se describen los puntos de afloramientos descritos en el campo y medidas estructurales en donde fue posible la toma:



Tabla 5. Puntos de afloramientos descritos.

N.-	X	Y	Z	Orientación	Litología
1	696959	9555414	2348,647	N57°E / 23°	Conglomerados con capas de arcillolitas
2	696806,682	9555481,266	2327,270		Arcillas
3	696285,092	9555958,452	2305,704		Arcillas
4	696399,201	9556012,125	2277,358		Arcilla arenosa
5	696241,634	9556225,278	2283,678		Arcilla limosa
6	696171,937	9555711,890	2329,798	N27°W/59°	Gneis Meteorizado
7	696375,294	9555344,197	2348,342		Gneis Meteorizado
8	696384,857	9555320,435	2351,227		Arcillas
9	696476,565	9555282,542	2339,837		Arcilla limosa
10	696476,693	9555240,983	2335,966		Arcilla arenosa
11	696716,395	9555405,612	2318,027		Arcilla limosa
12	696902,873	9555290,322	2344,145		Conglomerado
13	696634,917	9555778,989	2293,203	S32°W/ 47°	Arcilla - Arenisca
14	697010,398	9555348,088	2325,624		Arcilla arenosa
15	696734,389	9555510,677	2326,396		Arcilla limosa
16	696693,432	9555531,118	2320,186		Arcilla limosa
17	696610,621	9555567,657	2295,168		Arcilla limosa
18	696607,905	9555663,407	2312,260		Arcilla limosa
19	696653,937	9555687,587	2310,706		Arcilla limosa
20	696674,180	9555716,013	2293,947		Arcilla limosa

Fuente: Realizada por el Autor.

Los afloramientos de la tabla anterior se pueden observar de una mejor manera en el **Anexo 2**.



MAPA GEOLÓGICO



5.2.3. Geomorfología

El resultado de la interpretación geomorfológica del área de estudio se realizó mediante el análisis de los índices de Posición Topográfico TPI (con un radio de 25, 50 y 100 metros) y el mapeo a través de la ortofotografía escala 1:5000 (CARTA NVII_B2) en cuadrícula 1:50000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 con un GSD (Ground Sample Distance) de 30 cm para la sierra en el año 2008, generadas por el Instituto Geográfico Militar para el proyecto SIG-TIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

Sabiendo que la geomorfología es la ciencia que estudia las formas de superficie de la Tierra y los procesos que la crean y modelan (Summerfield, 1991).

La metodología empleada fue fundamenta en la generación de información primaria, obtenida con la observación de las geoformas que presenta el terreno del sector de estudio, y el asesoramiento de fotografías aéreas del sector, tomando como material de referencia cartas geológicas, topográficas, modelos digitales del terreno, complementada con la información de campo.

Para generar el mapa Geomorfológico se parte de un modelo digital de elevación MDE, el cual se genera a partir de curvas de nivel, para ello se utiliza la herramienta "de Topo a Raster", este modelo generado servirá para generar un mapa de Índices de Posiciones Topográficas TPI, usando para ello el software Arcview 3.3, mostrándonos el mapa de líneas de quiebre y curvaturas de terreno esencial para delimitar las geoformas como se muestra en la **Figura 19**.

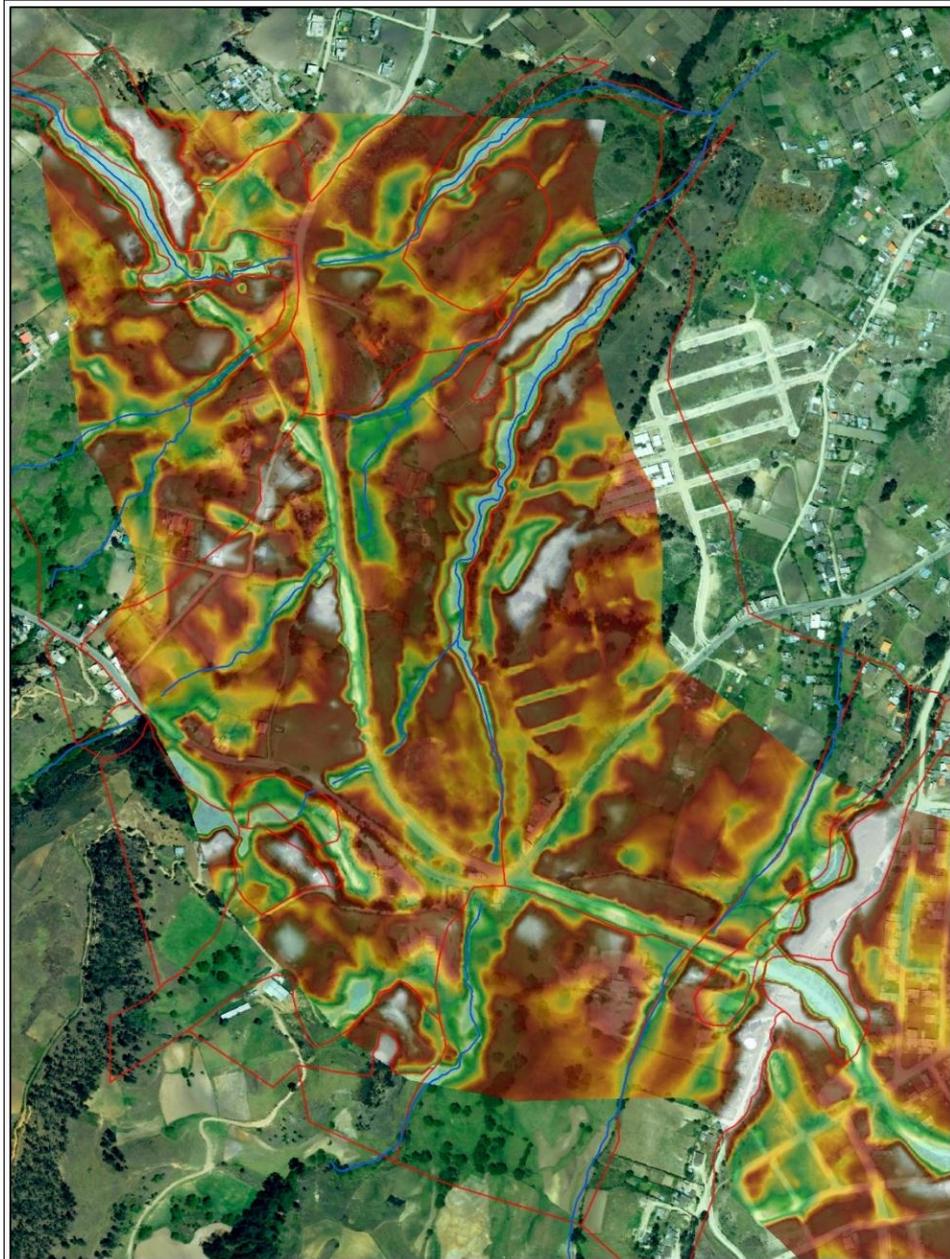


Figura 19. Interpretación Geomorfológica (Índices de Posición Topográfica y Ortografía)
Fuente: Realizada por el Autor.

Para dar los nombres y descripción respectiva a cada una de las geoformas identificadas se necesitó la siguiente información:

5.2.3.1. Forma de la Vertiente

Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Es importante para deducir la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la erosión.

Entre las formas de la vertiente tenemos las siguientes:



Tabla 6. Categorías de Forma de vertiente

FORMA DE VERTIENTE (V)	
cód.	Tipo
1	Rectilínea
2	Convexa
3	Cóncava
4	Irregular
5	Mixta

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

5.2.3.2. Morfometría

“Conjunto de técnicas, procedimientos y métodos, utilizados para determinar atributos configuracionales del relieve y, en base a ellos, conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno” (Pedraza Gilsanz, 1996). Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT).

Las variables morfométricas utilizadas en el presente proyecto de tesis son las siguientes:

➤ **Pendiente**

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

Tabla 7. Categorías de Pendiente

Cód.	PENDIENTE (P)	Porcentaje (%)
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> a 100

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ **Desnivel relativo**

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En la ficha de campo se asigna con un visto el



tipo de desnivel por cada forma de relieve analizada, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla 8. Categorías de Desnivel relativo

DESNIVEL RELATIVO (DR)	
Cód.	Tipo
1	0 a 5 m
2	5 a 15 m
3	15 a 25 m
4	25 a 50 m
5	50 a 100 m
6	100 a 200 m
7	200 a 300 m
8	> a 300 m

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ Longitud de la vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla 9. Categorías de Longitud de la vertiente

LONGITUD DE LA VERTIENTE (LV)		
Tipo	Descripción	Cód.
Muy corta	< a 15 m	1
Corta	15 a 50 m	2
Moderadamente larga	50 a 250 m	3
Larga	250 a 500 m	4
Muy larga	> a 500 m	5

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

➤ Fondo de valle

Hace referencia a las formas que tiene la corteza terrestre o litosfera; determina principalmente el tipo de erosión producida en el sector.



Tabla 10. Categorías de Fondo de valle

FONDO DE VALLE (FV)	
Tipo	Cód.
En U	Vr
En V	Vcx
Plano	Vca
No aplicable	NA

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.

Una vez obtenido cada uno de los parámetros antes mencionados, los valores de la columna código fueron ingresados en la “Ficha de Fotointerpretación geomorfológica”, en el Libro “Interpretación” para ser procesados con la finalidad de obtener la unidad morfológica que pertenece cada una de las geoformas.

Las unidades morfológicas definidas en el mapa tienen en cuenta una estructura jerárquica, dada su importancia como factor de definición de las características externas modelada por la geomorfología y el clima son factores que influyen en la formación de los suelos y en las características de la vegetación.

Cada una de las unidades morfológicas será representada finalmente desde su genética, entre las categorías de forma de relieve según su origen tenemos:

Tabla 11. Formas de relieve según su origen

Denominación	Cód.	Descripción
Deposicional	Dep	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
Denudativo	Den	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
Estructural	Est	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Tectónico erosivo	Tec	Corresponde a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas y colinadas de diversa altura y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las



		estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.
Volcánico	Vol	Son formas producidas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Las rocas ígneas extrusivas, lavas y piroclastos, constituyen los materiales parentales que conforman el soporte de este tipo de geoformas
Antrópico	An	Intervención del Hombre en el modelamiento del paisaje.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo - CLIRSEN, 2012.

La metodología aplicada en la elaboración del mapa de geomorfología fue la implementada por CLIRSEN en proyectos tales como la Generación de Geoinformación para la gestión de territorio a nivel nacional en el año 2010.

Las características principales de la zona de estudio son las siguientes:

El área de estudio presenta 2 Unidades Genéticas de Relieve:

- ✓ Formas Estructurales
 - Formas de Origen Estructural y Fluvio Erosional
- ✓ Formas de Origen Fluvial

En la tabla geomorfológica se muestran las Unidades Morfológicas y Formas de relieve que forman parte de la base de datos, donde además se incluyen los campos de descripción y las características de cada unidad mapeada, además litología y la formación geológica.



Tabla 12: Unidades Morfológicas, Formas de Relieve y Descripción del área de estudio

UNIDAD GENÉTICA DE RELIEVE	UNIDAD MORFOLÓGICA	FORMA DE RELIEVE	COLOR	DESCRIPCIÓN
Formas Estructurales	Estructuras Monoclinales	Laderas Cóncavas Escarpadas		Forman cimas y terrenos con pendiente de 30-50 %
		Laderas cóncavas suaves		Formas cóncavas de pendiente suave de 0 - 20 %, ocupado para urbanizaciones
		Laderas cóncavas saturadas y dinámicas		Laderas mal drenadas, reptación y deslizamientos Locales
		Laderas planas		Relieves suaves urbanizados poco disectados
		Laderas Convexas		De forma convexa, forma un relieve suave, poco erosionado
		Superficies de Cuesta		Superficies con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas, limitadas por escarpes
	Rellano		Superficies relativamente planas en laderas	
Formas de Origen Estructural - Fluvio Erosional	Mesetas Controladas Estructuralmente	Cimas aterrazadas y plano convexas		Relieves planos o ligeramente inclinados
	Estructuras Monoclinales	Escarpes		Formas subverticales mayoritariamente desnudas de cimas agudas con drenaje paralelo
	Formas Montañosas y Colinadas	Escarpes		Formas subverticales generalmente desnudas de cimas con drenaje paralelo, deslizamientos locales



	Valles Estrechos	Encañonado		Valles con vertiente muy escarpada y sin fondo de valles
Formas de Origen Fluvial	Valles Estrechos	Valle erosional con o sin fondo aluvial		Valle en V asimétrico con escaso o sin fondo aluvial con vertiente y pendiente fuerte
	Pie de Ladera	Valle coluvio aluvial		Forman el fondo de valles cóncavos y con cursos de agua meándricos y alta pedregosidad
	Cuerpos Agradacionales	Depresión		Cuerpos que forman depresiones donde encierran generalmente agua

Fuente: Realizada por el Autor.



MAPA DE GEOMORFOLOGÍA



5.2.4. Pendiente

A partir del Modelo de Elevación Digital generado a partir de las curvas de nivel del levantamiento topográfico se obtuvo el mapa de pendiente en porcentajes. Las cuales se reclasificaron en cinco categorías en base a la susceptibilidad a deslizamientos propuesta por Martínez & Mercado 1992.

El sector de estudio después del análisis de pendientes presenta mayoritariamente terrenos planos o casi planos con una superficie de 53,82 Ha que representa el 68,56 %, seguido de terrenos inclinados con 18,53 Ha. representando el 23,61 %; por otro lado los terrenos moderadamente escarpados, escarpados y muy escarpados no predominan en el sector, este último apenas representa el 0,09 % con 0,07 Ha.

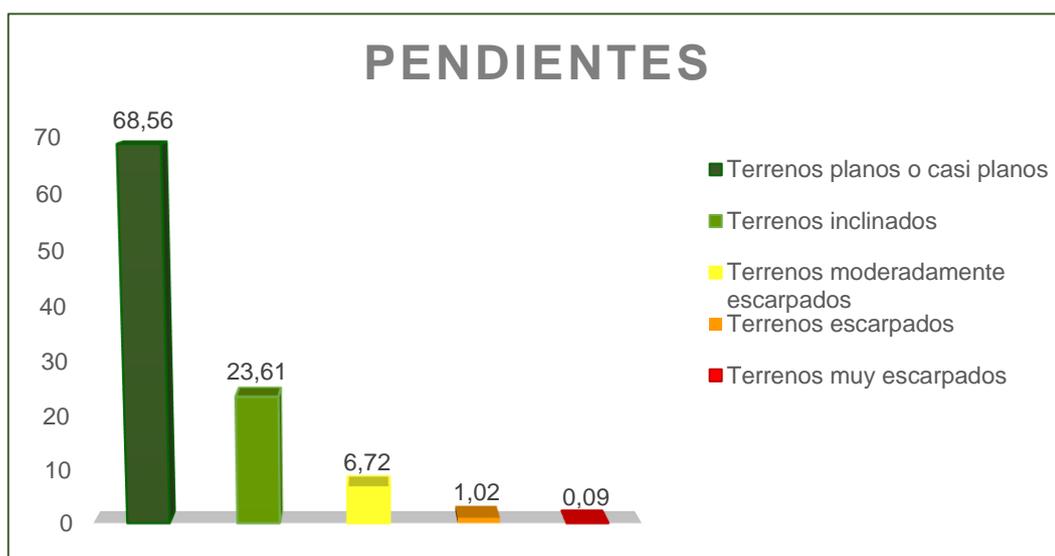


Gráfico 6. Actividades de la población económicamente activa

Fuente: Realizado por el Autor.

Tabla 13. Categorías de pendientes modificados.

N.-	CATEGORÍAS	RANGO	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
1	Terrenos planos o casi planos	0 – 15 %	53,82	68,56
2	Terrenos inclinados	15 – 30 %	18,53	23,61
3	Terrenos moderadamente escarpados	30 – 50 %	5,28	6,72
4	Terrenos escarpados	50 – 75 %	0,8	1,02
5	Terrenos muy escarpados	> 75 %	0,07	0,09
TOTAL			78,5 Ha	100 %

Fuente: Martínez & Mercado 1992.



MAPA DE PENDIENTES



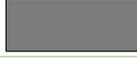
5.2.5. Cobertura Vegetal

El mapa de Cobertura se realizó a partir del levantamiento Topográfico y la ortofotografía escala 1:5000 (CARTA NVII_B2) en cuadrícula 1:50000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 en el año 2008, generadas por el Instituto Geográfico Militar para el proyecto SIG-TIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica).

Como resultado se obtuvo Mapa de Cobertura Vegetal escala 1:5000 en donde se describen cultivos, matorrales, pastos, plantaciones, vía de suelo desnudo, zona poblada y áreas denudadas.

El sector de estudio presenta en mayor cantidad pastos con una superficie de 45,10 Ha que representan el 57,34 %, los cuales son aprovechados para la producción pecuaria, las zonas pobladas, áreas denudadas y vía de suelo desnudo mantienen una superficie de 8,5 – 8,91 y 8,55 respectivamente, representando el 11 % aproximadamente cada cobertura. En cuando a los cultivos tienen una superficie de 5,28 Ha con un 6,71 % en donde se mantiene la producción de maíz y pequeñas parcelas.

Tabla 14. Cobertura Vegetal

N.-	COBERTURA VEGETAL	COLOR	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
1	Cultivos		5,28	6,71
2	Matorral		1,49	1,89
3	Pastos		45,10	57,34
4	Plantaciones		0,54	0,69
5	Vía Suelo Desnudo		8,55	10,87
6	Zona Poblada		8,78	11,17
7	Áreas Denudadas		8,91	11,33
TOTAL			78,5 Ha	100 %

Fuente: Realizado por el Autor.



MAPA DE COBERTURA VEGETAL



5.2.6. Análisis de Susceptibilidad a deslizamientos

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos se efectuó mediante el empleo de operadores y de técnicas de análisis de datos espaciales como los de superficie, superposición, reclasificaciones y suma de mapas.

El análisis de datos fue realizado modelando el mundo real en cuanto a las relaciones espaciales que existían entre las variables de susceptibilidad.

La escala de trabajo fue un aspecto de gran relevancia, todos los datos producidos y los adquiridos, se buscó que dieran el nivel de detalle de una escala 1:5000, lo cual garantizó la homogeneidad en la representación de diferentes características que dieron origen a las entradas producidas para modelar los fenómenos en el SIG. Ya dentro del SIG, estos datos fueron representados a través de la unidad de trabajo adoptada para representar los datos con una estructura RASTER. Esta unidad fue la celda con dimensiones de 1x1m, formato al cual fueron llevadas todas las coberturas que participaron en el análisis final de susceptibilidad.

El mapa de susceptibilidad permite desarrollar una aproximación del grado de ocurrencia de los deslizamientos, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza el mapa de unidades geomorfológicas, litológicas y las demás variables elaboradas anteriormente, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso del software ArcGIS.

El proceso comienza especificando y reclasificando los campos de las variables que intervienen en la determinación de las categorías de susceptibilidad, estos son: geomorfología, pendientes, litología (tipos de rocas) y cobertura vegetal; a cada uno de estos campos les corresponde una columna donde se determinarán los pesos relativos previamente establecidos. A continuación se muestran en las tablas siguientes los pesos utilizados.



Tabla 15. Pesos Asignados a la variable Geomorfológica.

FORMA DE RELIEVE	Peso Asignado
Laderas Cóncavas Escarpadas	4
Laderas cóncavas suaves	3
Laderas cóncavas saturadas y dinámicas	5
Laderas planas convexas	2
Laderas Convexas	2
Superficies de Cuesta	3
Rellano	2
Cimas aterrazadas y plano convexas	1
Escarpes	5
Encañonado	4
Valle erosional con o sin fondo aluvial	5
Valle coluvio aluvial	3
Depresión	3

Fuente: Realizada por el Autor.

Tabla 16. Pesos Asignados a la variable Geológica

LITOLÓGÍAS	Peso Asignado
Depósito Aluvial	5
Depósitos Coluviales	5
Conglomerados	3
Arcillas Limosas y Arenosas	5
Gneis Meteorizado	4

Fuente: Realizada por el Autor.

Tabla 17. Pesos Asignados a la variable de Pendiente.

PENDIENTE	RANGO	Peso Asignado
Terrenos planos o casi planos	0 – 15 %	1
Terrenos inclinados	15 – 30 %	2
Terrenos moderadamente escarpados	30 – 50 %	3
Terrenos escarpados	50 – 75 %	4
Terrenos muy escarpados	> 75 %	5

Fuente: Realizada por el Autor.



Tabla 18. Pesos Asignados a la variable de Cobertura vegetal.

COBERTURA VEGETAL	Peso Asignado
Cultivos	3
Matorral	2
Pastos	3
Plantaciones	1
Vía Suelo Desnudo	4
Zona Poblada	5
Áreas Denudadas	5

Fuente: Realizada por el Autor.

Estos valores reclasificados en 5 categorías son en base a la facilidad con que las variables propician a los deslizamientos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 19. Valores que muestran los pesos asignados a las variables.

CLASES	PESOS
Condiciones biofísicas muy bajas para que se produzcan deslizamientos	1
Condiciones biofísicas menos desfavorables para que se produzcan deslizamientos	2
Condiciones biofísicas desfavorables para que se produzcan deslizamientos	3
Condiciones biofísicas severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean muy susceptibles a deslizamientos	4
Condiciones biofísicas muy severas haciendo que los espacios geográficos que presentan estas características, sean altamente susceptibles a deslizamientos	5

Fuente: Realizada por el Autor

Obtenidos los mapas de las variables antes indicadas se procede a efectuar un cruce entre ellos mediante SUMA PONDERADA.

5.2.6.1. Susceptibilidad

Se debe entender que la susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno.

El índice de susceptibilidad a deslizamientos, se expresa a través de la siguiente relación:



$$S = G + L + V + P$$

Dónde:

G = Valor de la variable Geomorfológica

L = Valor de la variable litológica

V = Valor de la variable vegetación

P= Valor de la variable pendiente

S= Susceptibilidad

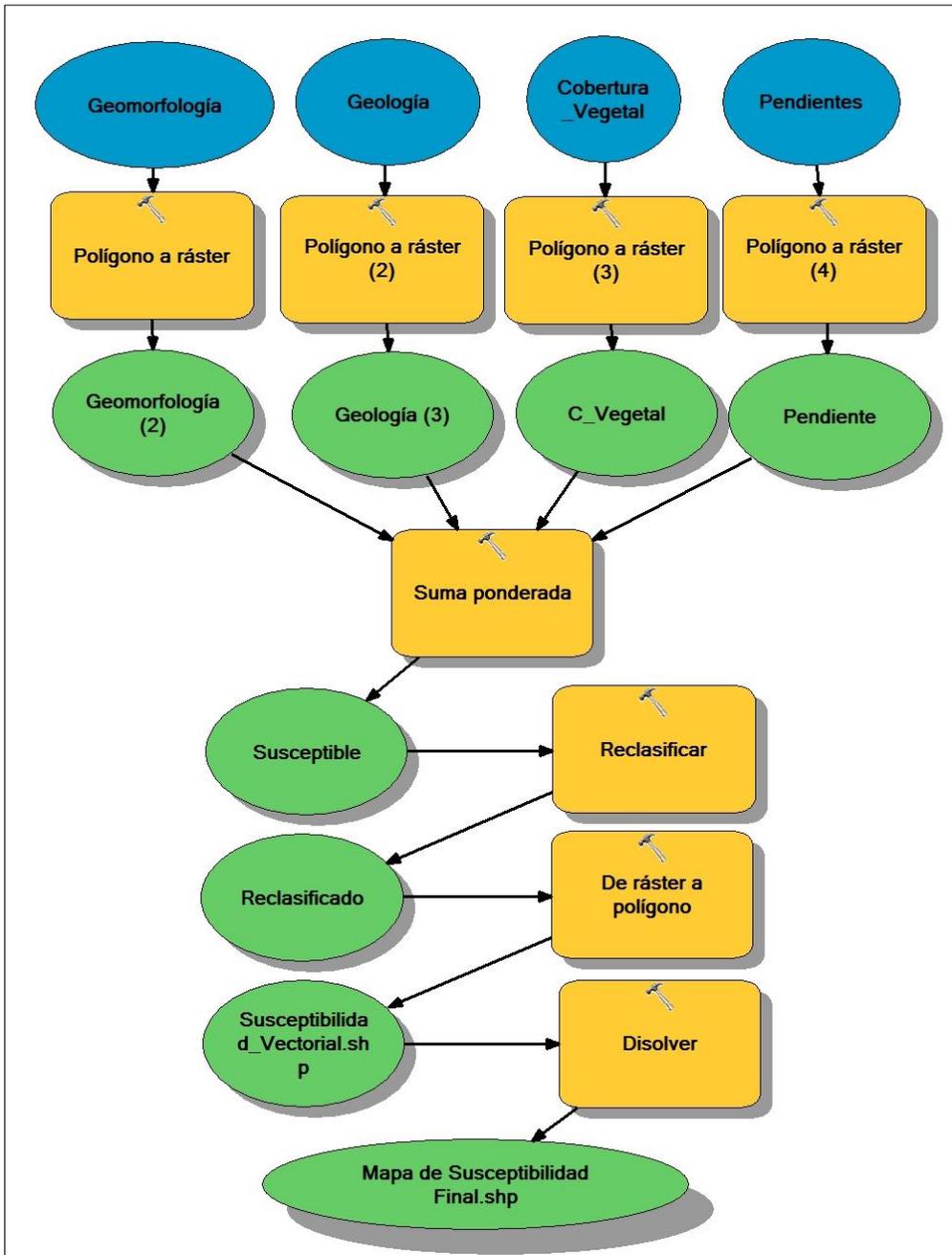


Figura 20. Análisis secuencial "Model Builder" para la obtención del Mapa Final. Fuente: Realizado por el Autor en ArcGIS 10,1.



En la SUMA PONDERADA antes mencionada se utilizan ponderadores para cada variable: Geomorfología 40%, Geología 30%, Cobertura Vegetal 20% y Pendientes 10%.

El método de la suma ponderada es un método cuantitativo para clasificar y priorizar las opciones que afectan en los deslizamientos.

Los pesos asignados a las variables fueron determinados después de diferentes análisis, y observando el mejor resultado que se asemeje a la realidad, por otro lado el sector de estudio es relativamente plano por lo que la variable pendiente no tiene mucha influencia; es por ello que tiene el menor peso, mientras que geomorfología y geología pesos mayores.

La suma de los mapas dará como resultado 5 categorías de susceptibilidad a movimientos en masa:

Tabla 20. Categorías de susceptibilidad a Deslizamientos.

Clases	Código
Muy Baja Susceptibilidad	1
Baja Susceptibilidad	2
Mediana Susceptibilidad	3
Alta Susceptibilidad	4
Muy Alta Susceptibilidad	5

Fuente: Realizado por el Autor

El cuadro resultante de la suma nos permite encontrar las áreas de cada una de las categorías como se muestra en siguiente tabla.

Tabla 21. Áreas de Susceptibilidad a Deslizamientos.

N.-	CATEGORÍAS	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
1	Muy Baja Susceptibilidad	2,28206	68,56
2	Baja Susceptibilidad	18,5044	23,61
3	Mediana Susceptibilidad	33,5841	6,72
4	Alta Susceptibilidad	13,993	1,02
5	Muy Alta Susceptibilidad	10,1144	0,09
TOTAL		78,5 Ha	100 %

Fuente: Realizado por el Autor



En base al este análisis de susceptibilidad a deslizamientos desarrollado en el sector de estudio, el resultado que se obtuvo fue el siguiente, teniendo que cada área tiene sus respectivas características y condiciones de uso.

- **Muy Baja Susceptibilidad:** Caracterizadas por la estabilidad del terreno para que no se produzcan deslizamientos, poseen pendientes muy bajas. Ocupan 2,28206 Ha (2,29 % del total de área de estudio).
- **Baja Susceptibilidad:** Corresponde a sectores cercanos a las áreas de muy baja susceptibilidad, donde las condiciones del terreno se caracterizan por ser baja la ocurrencia de deslizamientos. Comprende pendientes suaves y suelos relativamente estables, en su mayor parte son utilizadas por proyectos de urbanizaciones. Ocupa el 23,57 % del total del área de estudio con una superficie de 18,5044 Ha.
- **Mediana Susceptibilidad:** Zonas en donde las características del terreno dan lugar a áreas de poca susceptibilidad a deslizamientos. Se encuentra en la mayor parte del área de estudio siendo la más extensa 33,5841 Ha (42,78 % del total del área de estudio). Se caracteriza por pendientes escarpadas ocupadas por urbanizaciones, zonas de pastizales y cultivos.
- **Alta Susceptibilidad:** Corresponde a zonas en donde las condiciones del terreno hacen que sea posible que se produzcan deslizamientos; en estos sectores existen pendientes considerables, las cuales hacen que se acelere el proceso de los deslizamientos. Esta zona ocupa el 17,83 % del total de área de estudio a los cual corresponde 13,993 Ha.
- **Muy Alta Susceptibilidad:** Corresponde a zonas críticas, donde las condiciones del terreno y del uso que se le da, han hecho que se convierten en zonas muy inestables, muy propensas a sufrir procesos de deslizamiento. Esta zona ocupa el 12,88 % del total del área de estudio con una superficie de 10,1144 Ha.



MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS



5.2.7. Inventario de deslizamientos

Se realizó el Inventario de deslizamientos presentes en el área de estudio describiendo los parámetros de cada uno de ellos, los mismos que fueron mapeados para ser ubicados en los mapas.

El resultado de esta tarea fue de 6 deslizamientos que representan un área total de 2,67 Ha, los cuales se pueden observar en el Mapa de Inventario de Deslizamientos. La caracterización de cada uno de los deslizamientos se puede observar en el **Anexo 2**.

De manera general tenemos la siguiente Tabla donde se describe las características métricas de los deslizamientos encontrados en el área de estudio.

Tabla 22. Características métricas de los deslizamientos.

N.	Área (m ²)	Perímetro (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Inclinación de la Ladera	Dirección del Movimiento
1	7237,92	357,176	150,23	59,29	29°	N 63° O
2	7054,84	316,95	105,30	100,43	25°	N 20° O
3	990,641	137,18	49,71	20,75	30°	N 60° O
4	1603,15	163,433	43,10	56,61	21°	N 80° E
5	1431,69	168,318	30,89	65,58	25°	N 70° E
6	8399,42	389,393	123,64	73,44	23°	N 55° E

Fuente. Realizada por el Autor.

El mapa de Inventario de deslizamientos se puede observar en el **Anexo 2**, conjuntamente con la ubicación de afloramientos, Líneas SEV y el SPT.



5.2.8. Caracterización Geotécnica

5.2.8.1. Exploración Indirecta

➤ Sondeos Eléctricos Verticales

La resistividad de los suelos tiene un margen de variación muy amplio. Incluso un mismo suelo puede presentar diferentes resistividades con el tiempo dependiendo de factores como la temperatura o la humedad, siendo éste el más determinante. Por lo tanto es difícil estimar la composición del subsuelo solamente a partir de la medida de resistividad.

La interpretación para cada uno de los sondeos presenta una serie de capas geoelectricas, representadas como capas, las cuales correlacionan los estratos y unidades geológicas. Los Sondeos Eléctricos Verticales se los realizaron mediante el arreglo Schlumberger de 4 electrodos. En el sector de estudio se realizaron 6 líneas paralelas a la vía de integración Barrial como se puede observar en el **Anexo 2**.

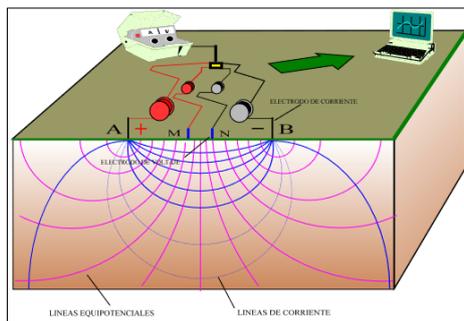


Figura 21. Arreglo Simétrico Tipo Schlumberger.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Minas.

Tabla 23. Coordenadas geográficas (DATUM WGS 84) de ubicación de puntos SEV.

N.- SEV	X	Y	Z	LÍNEAS
SEV N.- 1	696646	9555360	2332	LÍNEA 1
	696705	9555314		
SEV N.- 2	696884	9555602	2301	LÍNEA 2
	696940	9555574		
SEV N.- 3	696363	9555734	2316	LÍNEA 3
	696400	9555672		
SEV N.- 4	696551	9555758	2296	LÍNEA 4
	696570	9555690		
SEV N.- 5	696616	9555986	2279	LÍNEA 5
	696589	9555904		
SEV N.- 6	696426	9556216	2281	LÍNEA 6
	696421	9556112		

Fuente: Realizada por el Autor.



Los resultados del procesamiento de los datos tomados en los sondeos se describen a continuación en las siguientes tablas y figuras.

➤ **Sondeo Eléctrico Vertical N.- 1**

El Sondeo fue realizado al margen izquierdo de la vía de Integración Barrial sentido Sur – Norte, cercano al deslizamiento N.- 1.

Este sondeo tiene una abertura máxima AB/2 de 31,60 m.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 24. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 1).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	9,36
2	1,47	0,2	16,66	9,6
3	2,15	0,2	35,99	9,61
4	3,16	0,2	78,11	10,65
5	4,64	0,2	168,78	11,28
6	4,64	0,5	86,85	12,68
7	6,81	0,2	363,92	11,52
8	6,81	0,5	144,91	12,99
9	10	0,5	313,37	12,47
10	14,7	0,5	678,08	12,05
11	14,7	2	166,58	12
12	21,5	0,5	1454,42	11,54
13	21,5	2	359,91	11,42
14	31,6	2	781,13	10,65

Fuente: Elaborada por el Autor.

A continuación se observan las curvas de las lecturas de resistividad eléctrica y se muestra la curva que será interpretada mediante tablas de resistividad natural de los geo materiales que se encuentran en el **Anexo 4**.

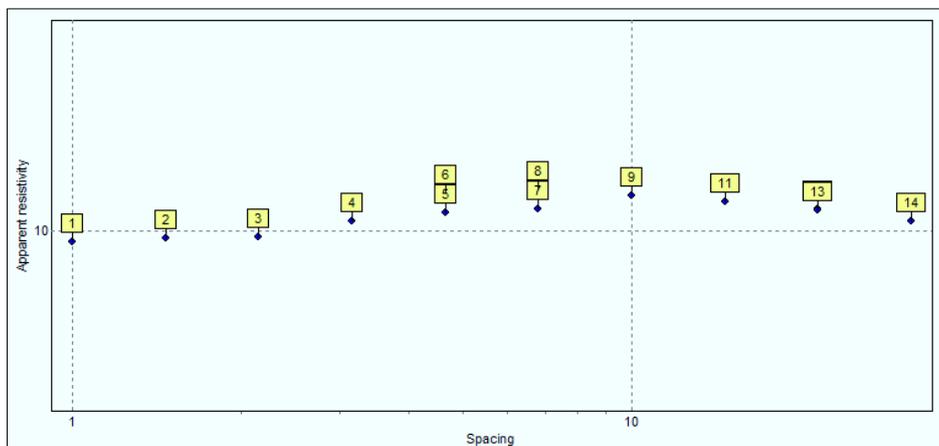


Figura 22. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 1).

Fuente: Software IPI2Win

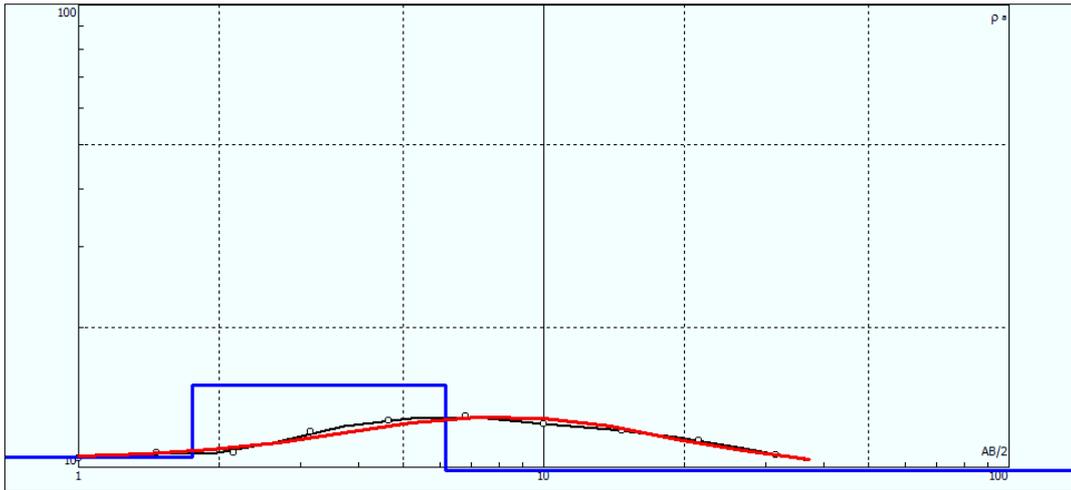


Figura 23. Curva Interpretada (línea 1).
Fuente: Software IPI2Win

Mediante el análisis de las curvas obtenidas en el software IPI2Win, La línea SEV 1 nos muestra tres capas con un error de corrección de 1,74%.

Tabla 25. Interpretación de la Línea SEV 1.

Interpretación de la Línea 1	
	<p>Esta capa representa una resistividad de 10,5 Ω-m, el cual corresponde a arcillas y limos saturados con un espesor de 1,75 m.</p>
	<p>Por otro lado la segunda capa aumenta la resistividad a 15,1 Ω-m, que nos indica la presencia de arcilla arenosa y arenas limosas húmeda. Esta capa tiene un espesor de 4,38 m.</p>
	<p>El tercer valor de resistividad es de 9,84 Ω-m, correspondientes a arcillas limosas saturadas. El espesor no está definido y a su vez la profundidad máxima.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ Sondeo Eléctrico Vertical N.- 2

El Sondeo fue realizado al margen derecho de la vía de Integración Barrial sentido Sur – Norte, paralelamente con la Línea 1.

Este sondeo tiene una abertura máxima AB/2 de 31,60 m, realizando un total de 14 lecturas.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 26. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 2).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	19,95
2	1,47	0,2	16,66	23,05
3	2,15	0,2	35,99	24,79
4	3,16	0,2	78,11	25,93
5	4,64	0,2	168,78	24,38
6	4,64	0,5	86,85	24,71
7	6,81	0,2	363,92	20,41
8	6,81	0,5	144,91	20,61
9	10	0,5	313,37	18,02
10	14,7	0,5	678,08	13,42
11	14,7	2	166,58	13,43
12	21,5	0,5	1454,42	23,32
13	21,5	2	359,91	12,73
14	31,6	2	781,13	12,16

Fuente: Elaborada por el Autor.

Las curvas de las lecturas de resistividad eléctrica y la curva generada por el software se muestran a continuación con su respectiva interpretación. El factor de corrección en esta línea es de 4,68%.

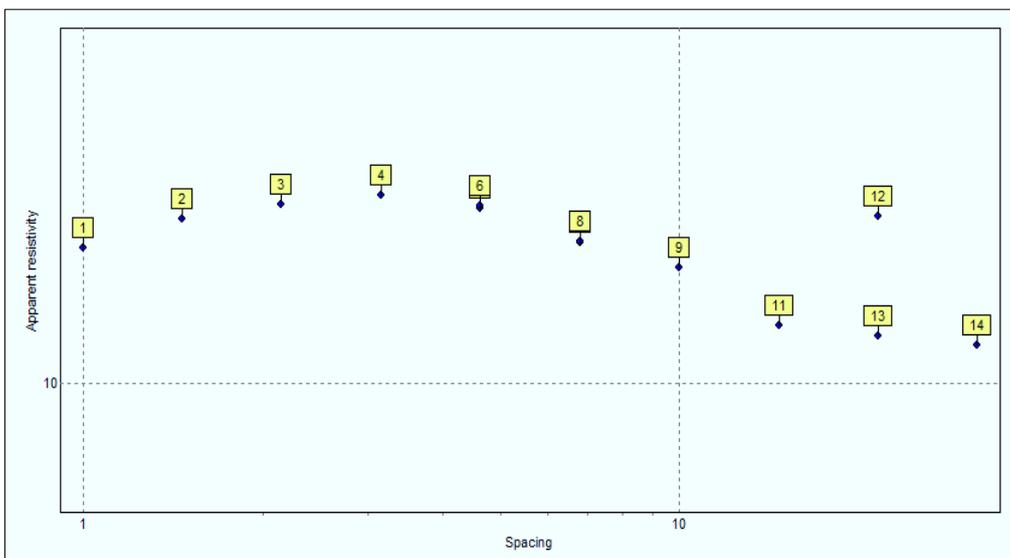


Figura 24. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 2).

Fuente: Software IPI2Win

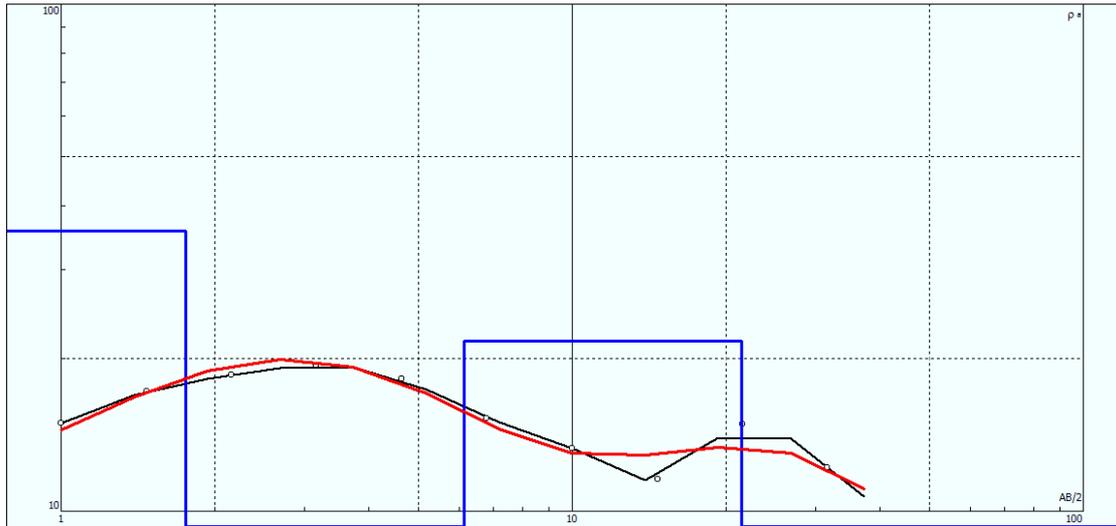


Figura 25. Curva Interpretada (línea 2).
Fuente: Software IPI2Win

Tabla 27. Interpretación de la Línea SEV 2.

Interpretación de la Línea 2	
línea 2 0 (10.1) 0 -2 (35.7) -2 -4 (8.15) -4 -6 -8 -10 -12 -14 (21.6) -14 -16 -18 -20 0 (0.193) 0	<p>Esta primera capa corresponde a arcillas orgánicas saturadas con una resistencia de 10,1 Ω-m y un espesor de 0,5 m.</p> <p>Seguidamente nos muestra un estrato de 1,25 m de espesor de resistencia 35,7 Ω-m que corresponde a una arcilla arenosa y arena saturadas.</p> <p>El tercer valor de resistividad es de 8,15 Ω-m, dando referencia a arcillas y limos saturados. El espesor del estrato es de 4,38 m.</p> <p>La resistividad en este estrato se eleva a 21,6 Ω-m lo que indica que existe otra capa de arcillas arenosas saturadas con mayor espesor (15,4 m).</p> <p>Finalmente la resistividad desciende a 0,193 Ω-m, lo que indica que estamos en un estrato de arcillas saturadas o en el Nivel Freático.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ **Sondeo Eléctrico Vertical N.- 3**

El Sondeo fue realizado en la cabecera del deslizamiento N.- 4 con la finalidad de conocer el nivel freático en el sector.

Este sondeo tiene una abertura máxima al igual que los anteriores de AB/2 de 31,60 m, realizando un total de 14 lecturas.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 28. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 3).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	6,11
2	1,47	0,2	16,66	5,58
3	2,15	0,2	35,99	5,09
4	3,16	0,2	78,11	4,86
5	4,64	0,2	168,78	4,39
6	4,64	0,5	86,85	4,22
7	6,81	0,2	363,92	4,03
8	6,81	0,5	144,91	3,87
9	10	0,5	313,37	4,13
10	14,7	0,5	678,08	3,96
11	14,7	2	166,58	3,82
12	21,5	0,5	1454,42	3,56
13	21,5	2	359,91	3,48
14	31,6	2	781,13	3,35

Fuente: Elaborada por el Autor.

Las curvas de resistividad generadas por el Software se muestran a continuación, con su respectiva interpretación:

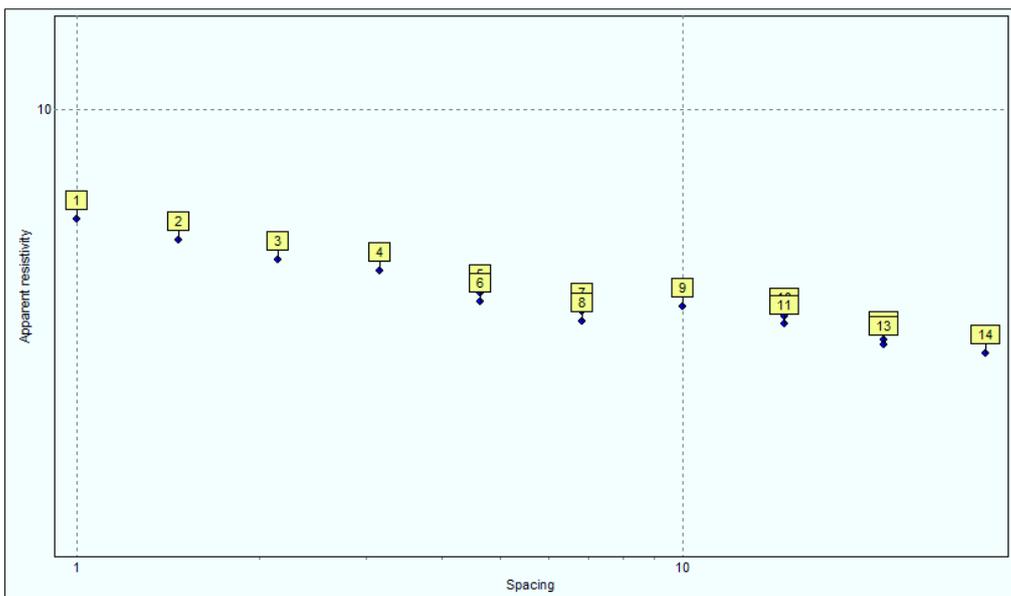


Figura 26. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 3).
Fuente: Software IPI2Win

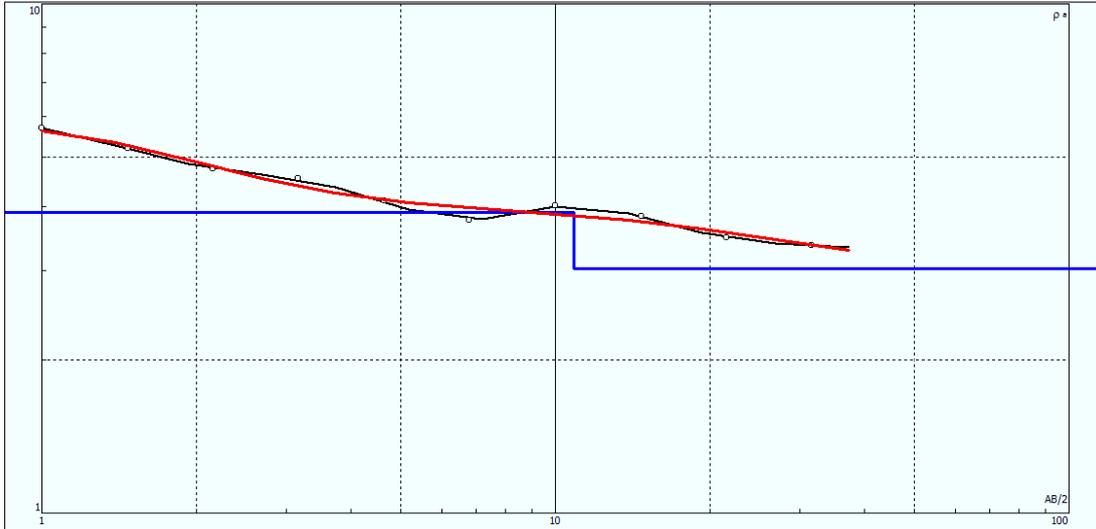


Figura 27. Curva Interpretada (línea 3).
Fuente: Software IPI2Win

Tabla 29. Interpretación de la Línea SEV 3.

Interpretación de la Línea 3	
	<p>La resistividad de este estrato es de 5,97 Ω-m, que indican arcillas orgánicas húmedas; el espesor es de 0,87 m.</p>
	<p>Esta capa está compuesta por arcillas limosas saturadas con una resistencia de 3,89 Ω-m y un espesor de 10,1 m.</p>
	<p>La resistividad es de 3,02 Ω-m; similar al estrato anterior lo que indica que el contenido de agua se aumenta mientras se va profundizando. Arcillas limosas muy saturadas.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ Sondeo Eléctrico Vertical N.- 4

El Sondeo fue realizado en la Urbanización “La Cascarilla” como se muestra en el **Anexo 2**. Este sondeo tiene una abertura máxima de AB/2 de 31,60 m, realizando un total de 14 lecturas.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 30. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 4).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	6,17
2	1,47	0,2	16,66	5,97
3	2,15	0,2	35,99	6,37
4	3,16	0,2	78,11	7,3
5	4,64	0,2	168,78	9,27
6	4,64	0,5	86,85	9,75
7	6,81	0,2	363,92	11,49
8	6,81	0,5	144,91	12,1
9	10	0,5	313,37	13,4
10	14,7	0,5	678,08	13,31
11	14,7	2	166,58	13,61
12	21,5	0,5	1454,42	12,14
13	21,5	2	359,91	12,19
14	31,6	2	781,13	10,81

Fuente: Elaborada por el Autor.

Las curvas de las lecturas de resistividad eléctrica y la curva generada por el software se muestran a continuación con su respectiva interpretación. El factor de corrección en esta línea es de 2,3%.

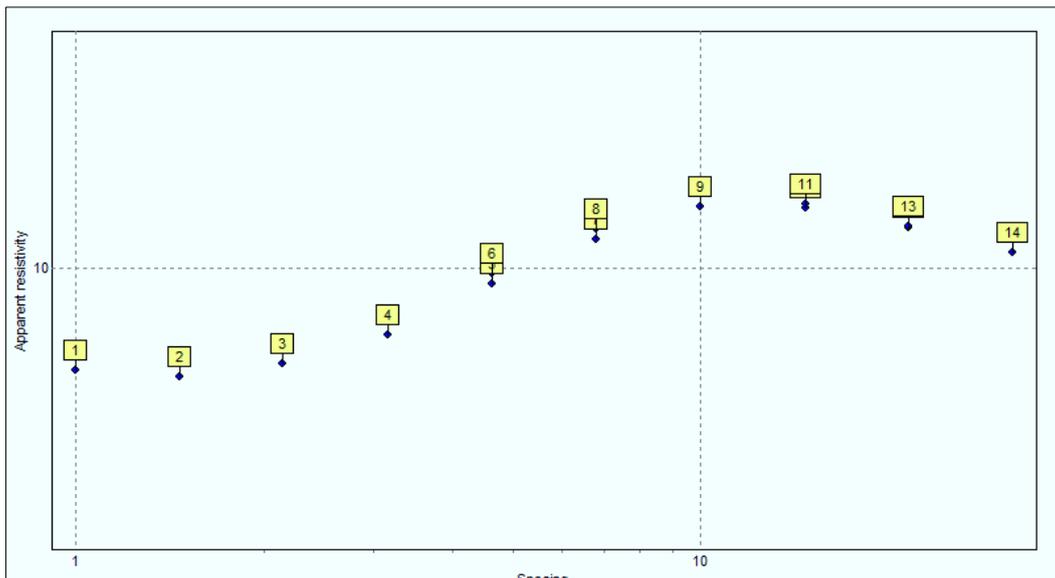


Figura 28. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 4).

Fuente: Software IPI2Win

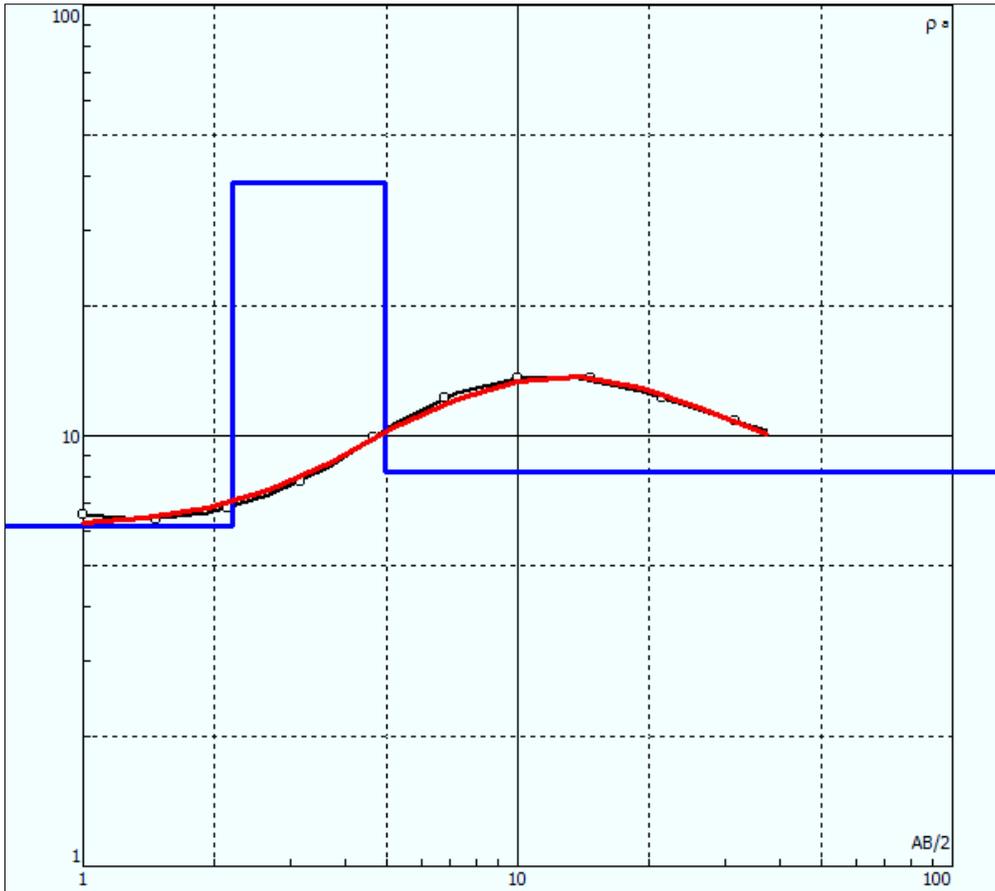


Figura 29. Curva Interpretada (línea 4).
Fuente: Software IPI2Win

Tabla 31. Interpretación de la Línea SEV 4.

Interpretación de la Línea 4	
	<p>Ese estrato comprende arcillas y limos saturados con un espesor de 2,28 m. y una resistividad de 6,19 Ω-m.</p>
	<p>Por otro lado en esta capa la resistividad aumenta considerablemente a 38,6 Ω-m, lo que indica la presencia de arenas arcillosas saturadas con una potencia de 2,72 m.</p>
	<p>La resistividad disminuye a 8,26 Ω-m por la presencia de agua (cercanía de la quebrada). Esta capa está compuesta de arcillas saturadas.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ Sondeo Eléctrico Vertical N.- 5

El Sondeo fue realizado en la Urbanización “La Cascarilla” como se muestra en el **Anexo 2**. Este sondeo tiene una abertura máxima de AB/2 de 31,60 m, realizando un total de 14 lecturas.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 32. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 5).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	17,18
2	1,47	0,2	16,66	19,87
3	2,15	0,2	35,99	20,14
4	3,16	0,2	78,11	19,1
5	4,64	0,2	168,78	18,22
6	4,64	0,5	86,85	18,66
7	6,81	0,2	363,92	14,75
8	6,81	0,5	144,91	15,12
9	10	0,5	313,37	12,31
10	14,7	0,5	678,08	9,41
11	14,7	2	166,58	9,52
12	21,5	0,5	1454,42	7,56
13	21,5	2	359,91	7,46
14	31,6	2	781,13	6,53

Fuente: Elaborada por el Autor.

Las curvas de las lecturas de resistividad eléctrica y la curva generada por el software se muestran a continuación con su respectiva interpretación. El factor de corrección en esta línea es de 1,7%.

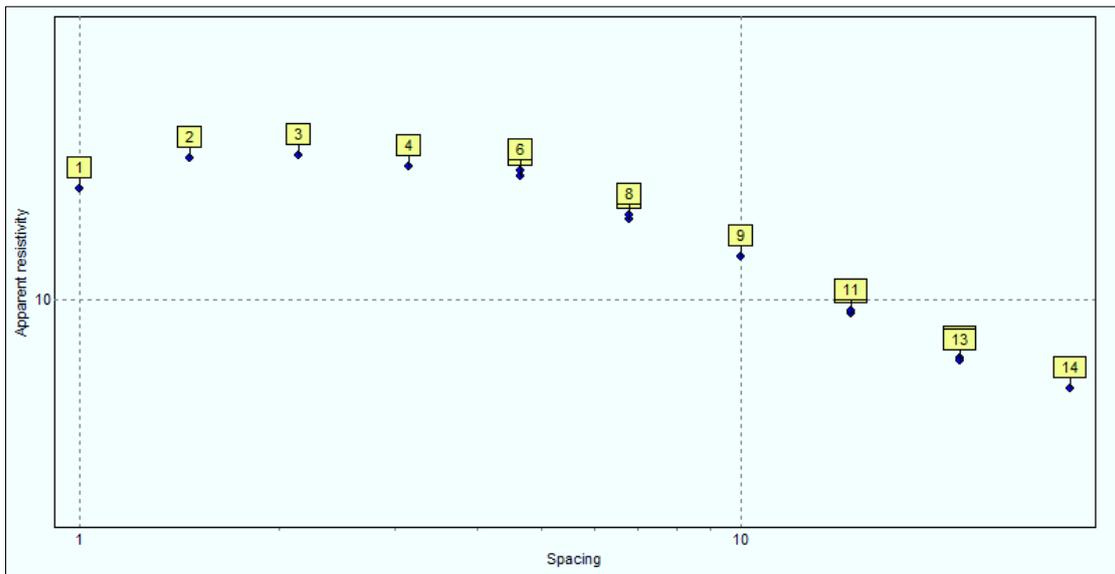


Figura 30. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 5).

Fuente: Software IPI2Win

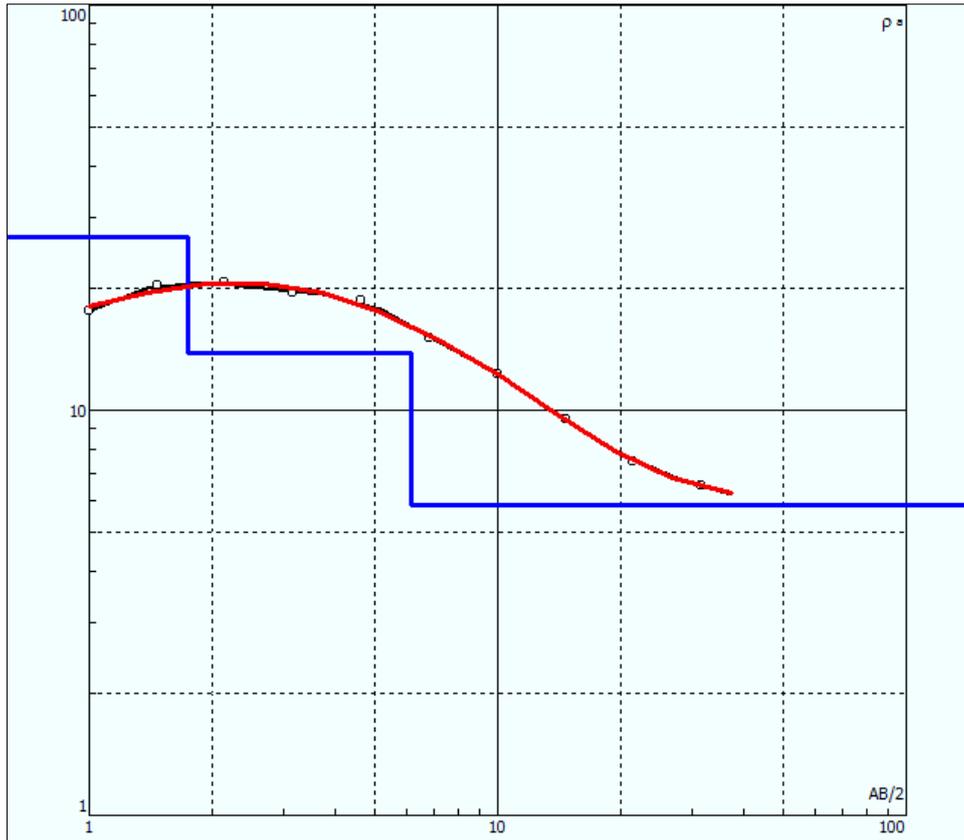


Figura 31. Curva Interpretada (línea 5).
Fuente: Software IPI2Win

Tabla 33. Interpretación de la Línea SEV 5.

Interpretación de la Línea 5	
	<p>Esta capa tiene un espesor de 0,5 m y una resistencia de 15 Ω-m indicando como geo-materiales arcillas arenosas y limosas con humedad considerable.</p>
	<p>La siguiente capa corresponde a arenas arcillosas saturadas con una potencia de 1,25 m y una resistencia de 26,7 Ω-m.</p>
	<p>Existe una tercera capa de 4,38 m de potencia de arenas limosas saturadas con resistencia de 13,9 Ω-m. Cabe recalcar la saturación de los materiales por la cercanía de la quebrada a unos cuádos metros de donde se realizó el Sondeo.</p>
	<p>Ultimamente se tiene una capa de arcillas saturadas con resistencia menor de 5,84 Ω-m.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ Sondeo Eléctrico Vertical N.- 6

El Sondeo fue realizado al margen derecho de la vía de Integración Barrial sentido Sur – Norte, como se muestra en el **Anexo 2**.

Este sondeo tiene una abertura máxima de AB/2 de 46,40 m. ya que el terreno permitió extenderse de esta manera no así los sondeos anteriores, en el cual se alcanzó un total de 16 lecturas.

Los datos obtenidos en campo son los siguientes:

Tabla 34. Datos Obtenidos en el Campo (Línea 6).

Estación Punto	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE	RESISTIVIDAD (ohm-m)
1	1	0,2	7,54	7,67
2	1,47	0,2	16,66	8,67
3	2,15	0,2	35,99	9,45
4	3,16	0,2	78,11	11,22
5	4,64	0,2	168,78	14,38
6	4,64	0,5	86,85	15,06
7	6,81	0,2	363,92	15,17
8	6,81	0,5	144,91	15,83
9	10	0,5	313,37	13,98
10	14,7	0,5	678,08	14,72
11	14,7	2	166,58	14,4
12	21,5	0,5	1454,42	15,47
13	21,5	2	359,91	15,16
14	31,6	2	781,13	14,11
15	46,40	2	1687,79	0
16	46,40	5	668,52	13,64

Fuente: Elaborada por el Autor.

Las curvas de las lecturas de resistividad eléctrica y la curva generada por el software se muestran a continuación con su respectiva interpretación. El factor de corrección en esta línea es de 4,42%.

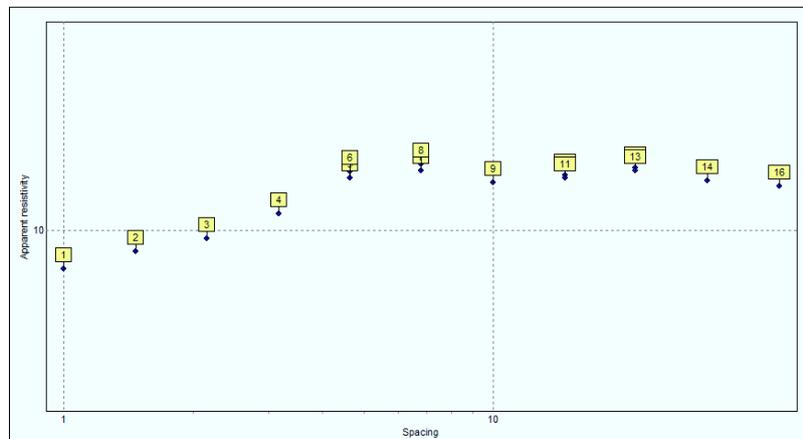


Figura 32. Puntos de lecturas obtenidas en el campo de resistividad eléctrica (línea 6).

Fuente: Software IPI2Win

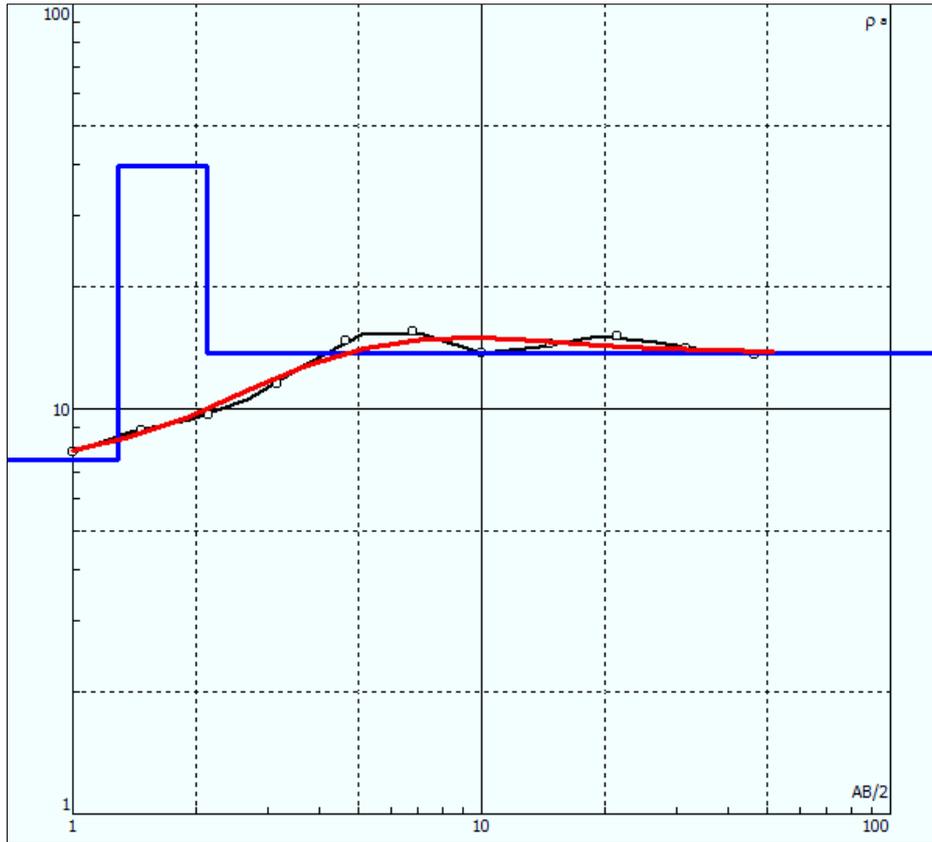


Figura 33. Curva Interpretada (línea 6).
Fuente: Software IPI2Win.

Tabla 35. Interpretación de la Línea SEV 6.

Interpretación de la Línea 6	
	<p>La capa superior de espesor 1,29 m. corresponde a arcillas y limos saturados con una resistividad de 7,45 Ω-m.</p>
	<p>Existe una pequeña capa de 0,8 m. de arenas arcillosas, que mantienen una resistividad de 39,7 Ω-m.</p>
	<p>Finalmente y después de 2 metros aproximadamente de profundidad existe un estrato con mayor potencia de arcillas y limos que tienen una resistividad de 13,7 Ω-m.</p>

Fuente: Realizada por el Autor.



➤ **Cortes Geoeléctricos**

El objetivo de la prospección geoeléctrica es establecer la conformación del subsuelo mediante la ubicación espacial de las capas resistivas (perfil geoeléctrico) para posteriormente transformar el perfil geoeléctrico en otro, que represente los caracteres geológicos subterráneos (perfil geológico)

Para la elaboración de los Cortes geoeléctricos se utilizó como mínimo dos Sondeos Eléctricos, los cuales fueron ingresados al Software IPI2Win.

Los resultados obtenidos de la interpretación de los SEV se integran, mediante correlación, en perfiles o cortes geoeléctricos, de forma longitudinal y transversal a los principales lineamientos estructurales.

Se realizaron 3 cortes geoeléctricos que se muestran en el **Anexo 5**, donde se puede observar la correlación de los estratos de cada Sondeo Eléctrico Vertical, en donde los materiales que predominan en el sector son: arcillas saturadas, arcilla limosa, arena arcillosa y arcilla arenosa.

Los resultados obtenidos por los Sondeos Eléctricos ayudaron en la elaboración del mapa geológico final ya que se determinó por medio de la resistividad los diferentes materiales que se encuentran en el subsuelo, y así dar el peso apropiado para el análisis final.



5.2.8.2. Exploración Directa

➤ Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Los primeros registros de la prueba de Penetración Estándar SPT, se remontan a inicios de la década de los 20's con los trabajos del Coronel Chares R. Gow. A finales de los años veinte e inicio de los treinta, el procedimiento fue estandarizado por Harry Mohr para finalmente ser ajustado en 1947 por Karl Terzaghi.

Para la realización de este ensayo se prestó los servicios de laboratorio ESTSUELCON CIA. LTDA., el mismo que llevo a cabo de forma puntual en el proyecto urbanístico "Cascarilla", como se observa en el **Anexo 2**.

El ensayo se realizó en la siguiente coordenada (UTM WGS-84):

x: 696618

y: 9555840

z: 2295 m.s.n. m.

De forma general el procedimiento se describe a continuación:

El penetrómetro estándar es un tubo de dimensiones normalizadas que se hinc a percusión. Consiste en un tubo de pared gruesa partido longitudinalmente, provisto en sus extremos de dos piezas roscadas; la pieza inferior es una zapata afilada de acero endurecido y la superior es la cabeza que sirve para unir el muestreador con la columna de barras huecas de acero que se utilizan para hincarlo hasta el fondo de la perforación. El tubo muestreador estándar tiene una longitud de 60 cm, diámetro interior de 3.5 cm y diámetro exterior de 5.0 cm; la longitud total del muestreador es de 75 cm; la cabeza tiene un conducto para la salida de azolves a través de una válvula esférica o una válvula de varilla (CFE, 1980 Y ASTM D 1586-99).



Schmertmann y Palacios (1979), investigaron sobre la energía potencial aplicada por el martillo al muestreador estándar y concluyen experimentalmente, que la energía impartida por el muestreador es inversamente proporcional al valor de N, hasta el umbral de 50 impactos, a partir del cual esta relación es directa, es decir, al generar mayor energía de impacto se incrementa el valor de N (mayor número de golpes para penetrar 30 cm). En la prueba SPT para un valor N superior a 50 se utiliza la extrapolación.

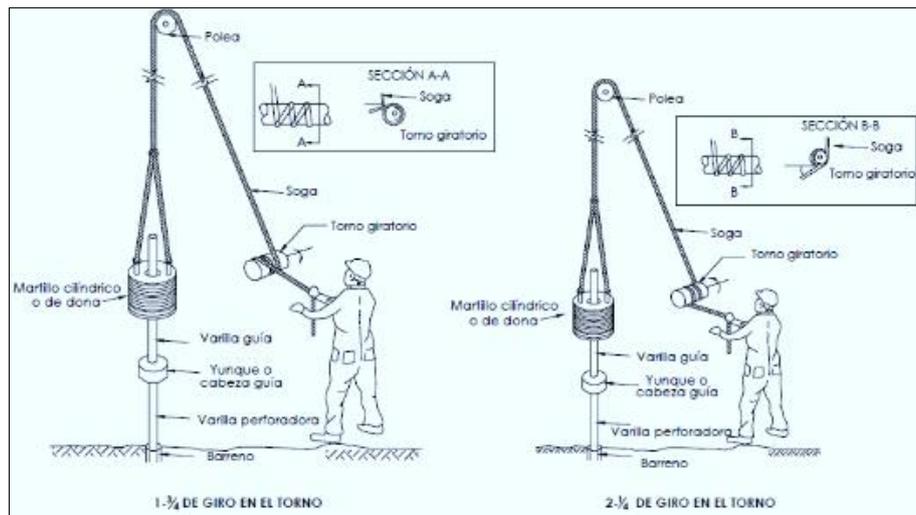


Figura 36. Procedimiento general del mecanismo manual de la prueba SPT.
Fuente: (CFE, 1980 Y ASTM D 1586-99).

Después del hincado se saca el penetrómetro a la superficie para recuperar la muestra alterada, que se coloca en un recipiente hermético, y se registra la información del hincado y clasificación del suelo. Con la interpretación de los resultados obtenidos de esta prueba se pueden definir:

- La estratigrafía del sitio.
- La compacidad relativa de suelos granulares y la consistencia de suelos cohesivos mediante correlaciones.
- Se obtienen muestras alteradas para su uso en laboratorio.

Los factores que afectan el valor de N están relacionados con las condiciones del equipo usado en la prueba, el procedimiento de montaje y operación.

Los resultados obtenidos fueron proporcionados por el laboratorio para su respectiva interpretación, los cuales se pueden observar en el **Anexo 6**.



➤ Interpretación Geotécnica

En el sector de estudio afloran depósitos Cuaternarios (HOLOCENO), del Terciario (MIO-PLIO-CENO y MIOCENO) y del PALEOZOICO.

Se destaca la presencia de capas de arcillas limosas y arenosas, conglomerados con clastos de diferentes tamaños (15 – 20 cm).

En la zona de estudio se ha identificado claramente tres unidades geológicas-geotécnicas que se describen a continuación:

- Depósitos Cuaternarios representados por depósitos coluviales y aluviales.
- Terciario constituido por arcillas limosas - arenosas y conglomerado.
- Paleozoico conformado por Gneis meteorizados.

Los seis deslizamientos presentes en el sector interrelacionan suelos, arcillas y material desintegrado, los cuales se explicaran geotécnicamente posteriormente.

✓ Descripción geotécnica de los materiales

A partir de las unidades geológicas consideradas y del estudio de los resultados de los ensayos de laboratorio, se han establecido las unidades geotécnicas que se describen a continuación:

- **Depósitos Cuaternarios representados por depósitos coluviales y aluviales.**

Representados por clastos de diferentes tamaños que varían entre 5 y 40 cm de diámetro de rocas metamórficas de la edad paleozoica (esquistos, gneis, cuarcitas y filitas) con matriz arcillo limosa. Este tipo de material presenta resistencia media-baja; es decir es excavable por medios mecánicos.

Como material geotécnico su densidad supera los 2,5 gr/cm³; su permeabilidad es alta debido al drenaje preferente intergranular.

Corresponde a materiales con un porcentaje bajo-medio de finos (< 37%) y plasticidad de (LL < 54%, LP < 26%). Como material de cimentación son materiales desmenuzables cuando están totalmente secos.



Relacionando el tipo de material con valores de SPT y tablas referidas a geotecnia de suelos; estos materiales son: suelos muy flojos o muy blandos / suelos flojos o blandos.

Tabla 36. Valores orientados del N_{SPT} , resistencias a compresión simple y módulo de elasticidad (modificada)

Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m ²)	q_u (kp/cm ²)	E (MN/m ²)	E (kp/cm ²)/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0- 80	0- 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	0.82 - 1.53	8 - 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	1.53 - 3.06	40 - 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	3.06 - 5.10	100 - 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	5.10- 50.97	500 - 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	50.97 - 407.75	8.000 - 15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 407.75	>15.000	>76452.59

Fuente: Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera

Los valores de humedad de los materiales presentes relacionan valores entre 10 y 25 %.

Los valores del coeficiente de permeabilidad son variables entre $K= 10^{-5} - 10^{-9}$ m/seg en relación a materiales con arenas (finos) más limos y arcillas

Los valores de consistencia nos ayuda a valorar al geomaterial desde el punto de vista de su resistencia, en este caso los materiales tienen una consistencia blanda, utilizando valores deducidos del ensayo de penetración SPT y la siguiente tabla:

Tabla 37. Consistencia de los materiales con respecto a los valores SPT

CONSISTENCIA	PENETRACIÓN (DEDO)	GOLPEO SPT (30 cm)	GOLPEO MI (30 cm)
MUY BLANDO		1-8	1-4
BLANDO		10-20	4-8
MEDIANAMENTE FIRME		22-60	8-16
FIRME		62-100	16-30
MUY FIRME		>100	30-60
DURO		>30	>60

Fuente: Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera

Los golpes de los ensayos registrados del SPT han sido medios, con valores entre 20 a 40 golpes. La densidad de los materiales es de 1,9 gr/cm³. El ensayo de compresión simple del material indica valores de 1,37 Kg/cm².



González de Vallejo et al. (2002) presentan un cuadro sobre grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos, el cual se **observa en la Tabla 38**. Según esta, el material sobre el que se encuentra la Urbanización Cascarilla Media a Alta, una presión de hinchamiento superior de 125 – 300 kPa y un hinchamiento libre de 4-10 %, todo lo cual lo ubica con un suelo con el grado de expansividad de grado III.

Tabla 38. Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos

Grado	Expansividad	Finos [%]	Límite líquido [%]	Índice Lambe [kPa]	Presión de hinchamiento [kPa]	Hinchamiento libre [%]
I	Baja	< 30	< 35	< 80	< 25	< 1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	> 95	> 65	> 230	> 300	> 10

Fuente: González de Vallejo et al., 2002

- **Terciario constituido por arcillas limosas - arenosas y conglomerado.**

El área de estudio dispone prácticamente de 2 geomateriales litológicos: Conglomerados de la Formación Quillollaco y una gran extensión de arcillas limosas y arenosas.

Los suelos como estructuración relacionan:

- A 1m de profundidad, suelos arcillosos de baja plasticidad, presentando una humedad de 11,9%.
- Según Krumbrein y Sloss (1995), que clasifica las partículas por su forma y por su redondeamiento; las partículas de arcilla son 09/09 (forma/redondeamiento) el color en rangos de amarillento y marrón anaranjado. Los clastos de los conglomerados 09/03 (forma / redondeamiento) de origen en rocas metamórficas.

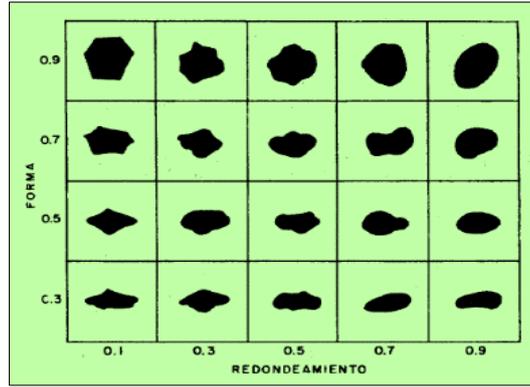


Figura 37. Clasificación de las partículas por su forma y redondeamiento (según Krumbein y Sloss, 1955).

Fuente: Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera

- Las arcillas presentes en el área de estudio se traducen como material fino de consistencia blanda, los valores del LL < 50%, y sus características de arcillas de baja plasticidad.

Los valores medios ensayados y deducidos fueron tomados de la **Tabla 39.** que se observa a continuación:

Tabla 39. Valores medios ensayados y/o deducidos para los diferentes materiales.

Nivel	Profundidad media desde boca ensayo	Descripción resumen de los niveles	Valores medios ensayados y/o deducidos					
			Expansividad	Resistencia	Otros parámetros			
1	de 0,00	Rellenos Arena limo arcillosa marrón parda. - Estructura desordenada - Restos de raíces y materia orgánica - Indicios de restos de origen antrópico	No crítico	Blando-Heterogéneo	USCS	SC	N_{SPT}	4
	WI				23,4	N_B	3	
					Wp	12,2	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	0,30-0,40
					%W	9,3	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	1,70-1,80
					Tamiz 4	64,6	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,00
a	0,80				Tamiz 200	38,4	$\frac{\phi}{(\%)}$	17°-19°
2	de 0,80	Horizontes de transición Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza. - Nódulos carbonatados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural	Marginal	Media-Firme	USCS	CL	N_{SPT}	13
	WI				28,9	N_B	10	
					Wp	16,6	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	1,00-1,50
					%W	12,5	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	1,90-2,00
					Tamiz 4	38,3	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,10-0,15
a	1,60				Tamiz 200	62,6	$\frac{\phi}{(\%)}$	22°-24°
3	de 1,60	Plioceno carbonatado Arcilla limosa marrón amarillenta. - Algún nódulos carbonatado Alternancia de alguna lente algo mas limosa e incluso algo arenosa	Marginal-Crítico	Firme-Dura	USCS	CL	N_{SPT}	34
	WI				35,6	N_B	26	
					Wp	22,3	$\frac{q_u}{\text{kp/cm}^2}$	2,20-3,20
					%W	25,8	$\frac{\gamma}{\text{t/m}^3}$	2,00-2,20
					Tamiz 4	18,7	$\frac{C}{\text{kp/cm}^2}$	0,20-0,30
a	6,00				Tamiz 200	84,7	$\frac{\phi}{(\%)}$	24°-26°

Fuente: Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera.



Los parámetros cuantitativos dependiendo a la profundidad son los siguientes, y serán utilizados para los cálculos de Factor de Seguridad de los deslizamientos.

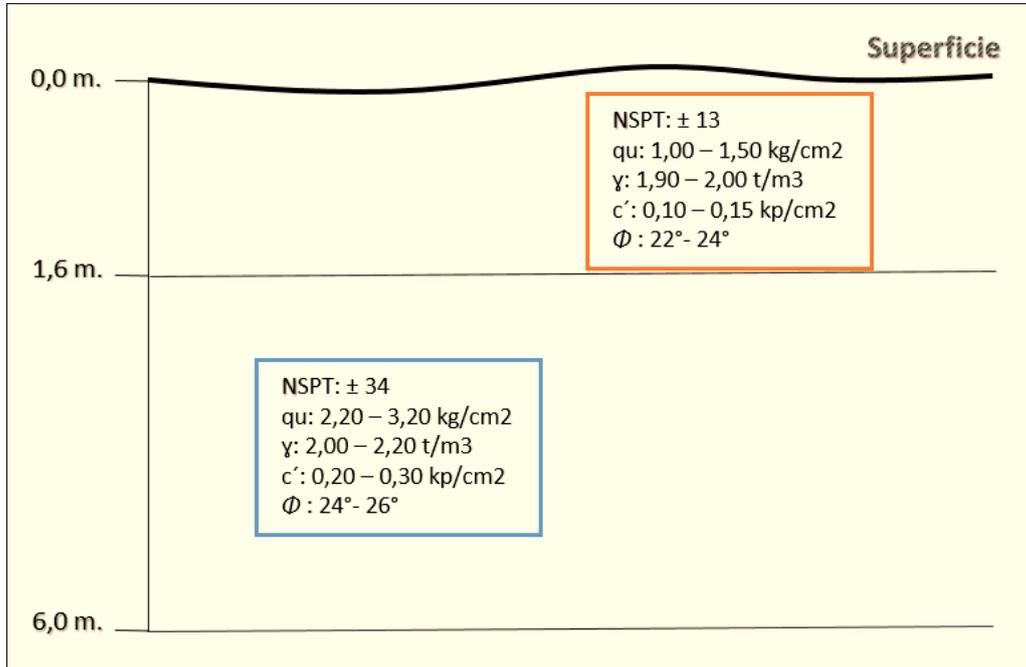


Figura 38. Valores cuantitativos para diferentes profundidades

Fuente: Realizada por el autor a partir de la Tabla 39.

Por el factor económico solo se realizó un SPT, ubicándolo de forma estratégica en el proyecto urbanístico "Cascarilla", con el fin de determinar la capacidad portante que tiene el sector y proponer medidas técnicas (dimensiones de bases) en futuras construcciones.

El Ensayo de Penetración Estándar se encuentra a una distancia de 170 metros perpendicular a la vía de integración barrial.

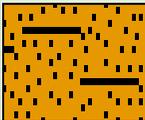
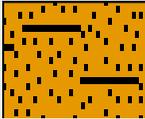
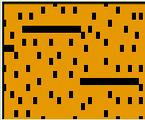
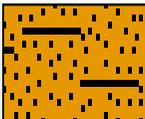
El rango de influencia que se tiene es de 100 metros de radio aproximadamente, este valor es deducido ya que el material del sector se encuentra representado por arcillas limosas y arenosas, el mismo que se evidencia en el lugar del ensayo. Los resultados demostraron que no existe una capa definida por donde viaje el agua, pero en si los valores de resistencia son bajos.

Para obtener mejores resultados de tipo geotécnico es recomendable realizar una malla de muestreo en los sectores con proyecciones urbanísticos.

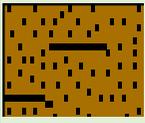
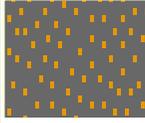


A continuación se muestra una breve descripción de las diferentes muestras analizadas, con la finalidad de realizar diferentes ensayos entre ellos límites de Atterberg y granulometría (SUCS y AASHTO).

Tabla 40. Descripción de las muestras extraídas en el SPT

Prof. (m)	Perfil	Descripción		C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAV A %	AREN A %	FINOS %	N 30 Golpes	qu Kg/cm ²	qa Kg/cm ²
0 – 1		Arcilla de baja plasticidad de coloración marrón clara, muy compacta		11,9	31	20	11	1	49	50	21	3	1,50
1 – 2		Arcilla de baja plasticidad de coloración marrón clara con intercalación rojiza		13,65	35	16	19	0	28	72	17	2	1,21
2 – 3		Arcilla de baja plasticidad de coloración marrón clara, medianamente compacta.		14,75	48	22	26	1	14	85	26	4	1,86
3 – 4		Arcilla de baja plasticidad de coloración marrón clara, se presenta de forma disgregada		16,97	49	23	26	0	17	83	29	4	2,07



4 – 5		Arcilla de alta plasticidad, de humedad considerable de coloración marrón clara.		23,35	53	25	28	0	23	77	35	5	2,50
5 – 6		Arena arcillosa, humedad considerable, de coloración rojiza y marrón		24,54	54	26	28	0	63	37	40	6	2,86

Fuente: Realizada por el Autor.

Nota: La simbología y coloración utilizada en la columna “perfil” de la tabla anterior es de autoría propia, refiriéndome a los resultados entregados por la empresa colaboradora ESTSUELCON CIA. LTDA.



La valoración de los límites de Atterberg y resultados específicos del SPT se pueden observar en el **Anexo 6**.

✓ Valoración Geológica-geotécnica

Las valoraciones Geológicas – geotécnicas se basan en la interrelación de criterios litológicos y propiedades físico – mecánicas de los geomateriales. Las condiciones geotécnicas son:

1. Capacidad Portante
2. Deformabilidad
3. Excavabilidad
4. Morfología / Relieve
5. Tipo de Material
6. Drenaje

La valoración será de 0 a 2, siendo el primer valor para terrenos menos favorables y el segundo para terrenos más favorables para cimentaciones.

Por otro lado la sumatoria de la valoración nos dará la categoría para cada uno de los geomateriales; para lo cual tenemos ≤ 5 puntos (deficiente), 6 – 9 puntos (aceptable), y > 9 puntos (bueno).

La valoración numérica depende de la experiencia y de las continuas salidas de campo:

Tabla 41. Valoración Geológica - geotécnicas

CONDICIONES GEOTÉCNICAS	CUATERNARIO HOLOCENO (Depósitos aluviales y coluviales)	TERCIARIO MIO-PLIO-CENO (Conglomerados)	TERCIARIO MIOCENO (Arcillas limosas y arenosas)
Capacidad Portante	1,8	2,0	1,0
Deformabilidad	2,0	2,0	1,5
Excavabilidad	1,8	2,0	2,0
Morfología / Relieve	2,0	1,8	1,0
Tipo de Material	1,9	1,9	1,0
Drenaje	1,0	1,0	0,5
TOTAL	10,5	10,7	7,0
CATEGORÍA	BUENO	BUENO	ACEPTABLE

Fuente: Elaborada por el Autor.



Tomando en cuenta la valoración anterior, las arcillas limosas y arenosas pertenecientes al Terciario tienen una puntuación de 7,0 con una categoría de aceptable, por lo que se hace necesario realizar el cálculo de Cimentación.

DATOS:		
<p>Base de Cimentación: 1,5 x 1,5 Carga Muerta CM: 250 Kg/m² Carga Viva CV: 250 Kg/m² Carga Admisible qa: 1,21 Kg/cm² = 12,1 ton/ m²</p>		
<p>1. Área</p> <p>Colaborante</p> $Ac = Q1 * b1$ Ac $= 3,5 m * 4,5 m$ $Ac = 15,75 m^2$	<p>2. Carga Total</p> $C = CM + CV$ $C = 250 \frac{kg}{m^2} + 250 \frac{Kg}{m^2}$ $C = 500 \frac{kg}{m^2}$	<p>3. Carga Total Q</p> $Q = (C * Ac) * 4$ $Q = \left(500 \frac{kg}{m^2} * 15,75 m^2 \right) * 4$ $Q = 31500 Kg$ $Q = 31,5 ton$
<p>4. Relación Carga Vs. q Portante</p> $q = \frac{Q}{A}$ $q = \frac{31,5 ton}{2,25 m^2}$ $q = 14 \frac{ton}{m^2}$ $q = 14 \frac{ton}{m^2} > qa = 12,1 \frac{ton}{m^2}$		<p>5. Acimentación</p> $A = \frac{Q}{q admisible}$ $A = \frac{31,5 ton}{12,1 \frac{ton}{m^2}}$ $A = 2,6 m^2$ $= 1,61 m^2$



Como se observa en los cálculos anteriores el sector tiene una capacidad admisible de 12,1 ton/m², para que este suelo pueda soportar una construcción vertical normal de 4 pisos (31,5 ton), se deben realizar cimentaciones de al menos (1,7 x 1,7) m que es la norma y estándar para construcciones.

✓ Factor de Seguridad de los deslizamientos

Según Bishop (1955), coeficiente de seguridad más comúnmente como factor de seguridad al deslizamiento, es el valor numérico de la relación entre: a) la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial y b) la resistencia estrictamente necesaria para mantener el terreno en equilibrio.

Para el cálculo del factor de seguridad de cada uno de los deslizamientos inventariados se utilizará la siguiente fórmula:

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

Dónde:

FS= Factor de Seguridad

c' = Cohesión

γ = Peso Específico del material

d = Profundidad del deslizamiento

Φ = Ángulo de fricción interna

β = Ángulo de Trabajo

md = Porcentaje de saturación

Para el cálculo matemático se analizarán las condiciones del deslizamiento en varios escenarios de saturación (md), con el fin de obtener la gráfica de sensibilidad de cada uno de los fenómenos.



Cálculo del factor de seguridad

DESLIZAMIENTO 1

DATOS:

$$\begin{aligned} c' &= 20 \text{ KN/m}^2 \\ \gamma &= 19,62 \text{ KN/m}^3 \\ d &= 10 \text{ m} \\ \Phi &= 24^\circ \\ \beta &= 29^\circ \end{aligned}$$

$$md = 1,0 \text{ m} = 10 \% = 0,1$$

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10 \text{ m} * \text{sen } 29^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 29^\circ} \right] - \left[\frac{0,1 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 29^\circ} \right]$$

$$FS = 0,21 + 0,803 - 0,04$$

$$FS = 0,973$$

$$md = 2,5 \text{ m} = 25 \% = 0,25$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10 \text{ m} * \text{sen } 29^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 29^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 29^\circ} \right]$$

$$FS = 0,21 + 0,803 - 0,100$$

$$FS = 0,913$$

$$md = 5,0 \text{ m} = 50 \% = 0,50$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10 \text{ m} * \text{sen } 29^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 29^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 29^\circ} \right]$$

$$FS = 0,21 + 0,803 - 0,20$$

$$FS = 0,813$$

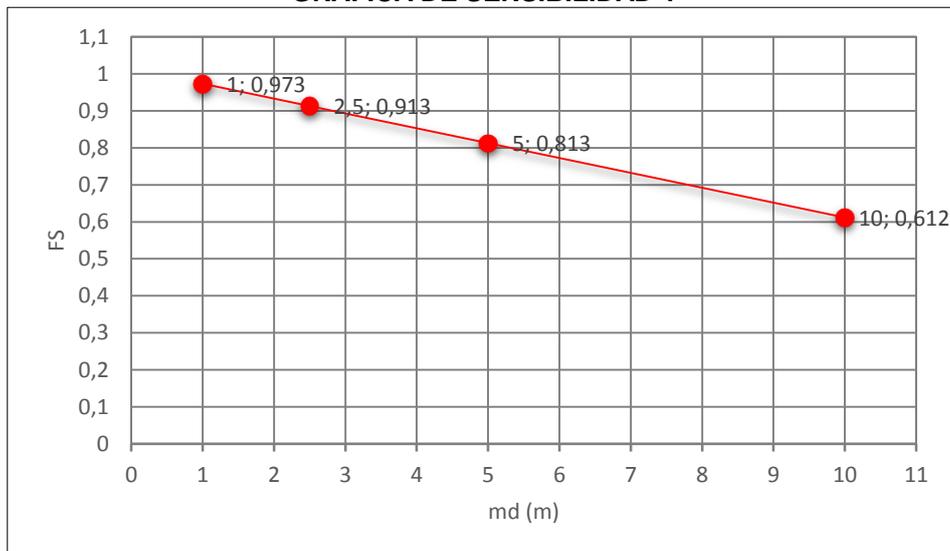
$$md = 10,0 \text{ m} = 100 \% = 1,0$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10 \text{ m} * \text{sen } 29^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 29^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 29^\circ} \right]$$

$$FS = 0,21 + 0,803 - 0,401$$

$$FS = 0,612$$

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 1





DESLIZAMIENTO 2

DATOS:

- $c' = 20 \text{ KN/m}^2$
- $\gamma = 19,62 \text{ KN/m}^3$
- $d = 8 \text{ m}$
- $\Phi = 24^\circ$
- $\beta = 25^\circ$

md= 1,0 m = 12,5 % = 0,125

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,125 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,301 + 0,954 - 0,059$$

FS = 1,196

md=2,0 m = 25 % = 0,25

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,301 + 0,954 - 0,119$$

FS = 1,136

md=4,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,301 + 0,954 - 0,2387$$

FS = 1,0163

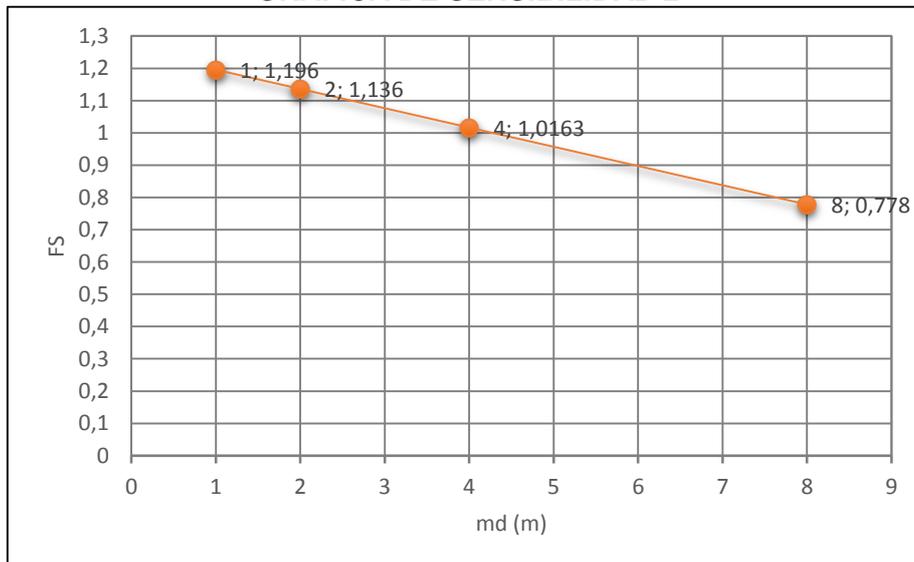
md= 8,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,301 + 0,954 - 0,477$$

FS = 0,778

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 2





DESLIZAMIENTO 3

DATOS:

- $c' = 20 \text{ KN/m}^2$
- $\gamma = 19,62 \text{ KN/m}^3$
- $d = 6 \text{ m}$
- $\Phi = 24^\circ$
- $\beta = 30^\circ$

md= 0,5 m = 8,33 % = 0,0833

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6 \text{ m} * \text{sen } 30^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 30^\circ} \right] - \left[\frac{0,0833 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 30^\circ} \right]$$

$$FS = 0,339 + 0,771 - 0,032$$

FS = 1,078

md=1,5 m = 25 % = 0,25

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6 \text{ m} * \text{sen } 30^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 30^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 30^\circ} \right]$$

$$FS = 0,339 + 0,771 - 0,096$$

FS = 1,014

md=3,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6 \text{ m} * \text{sen } 30^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 30^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 30^\circ} \right]$$

$$FS = 0,339 + 0,771 - 0,1927$$

FS = 0,917

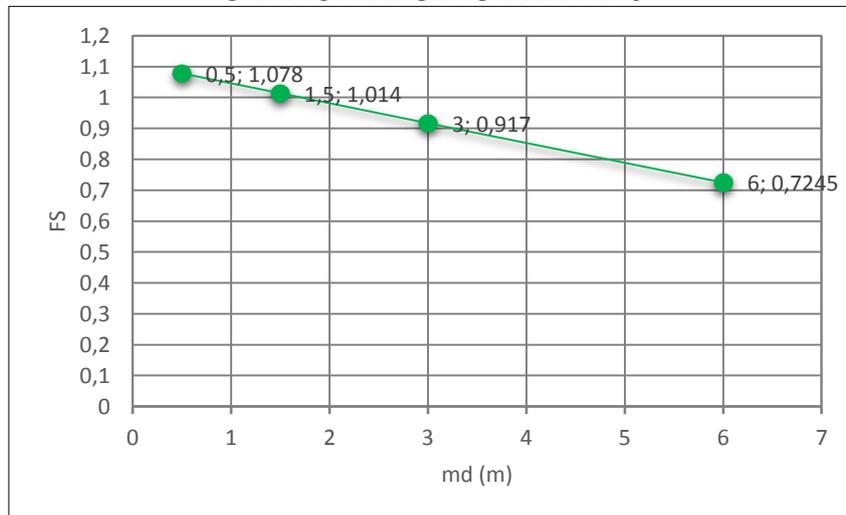
md= 6,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 6 \text{ m} * \text{sen } 30^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 30^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 30^\circ} \right]$$

$$FS = 0,339 + 0,771 - 0,3855$$

FS = 0,7245

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 3





DESLIZAMIENTO 4

DATOS:

- $c' = 20 \text{ KN/m}^2$
- $\gamma = 19,62 \text{ KN/m}^3$
- $d = 8 \text{ m}$
- $\Phi = 24^\circ$
- $\beta = 26^\circ$

md= 1,0 m = 12,5 % = 0,125

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 26^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 26^\circ} \right] - \left[\frac{0,125 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2906 + 0,9128 - 0,057$$

FS = 1,1464

md=2,0 m = 25 % = 0,25

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 26^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 26^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2906 + 0,9128 - 0,1141$$

FS = 1,0893

md=4,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 26^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 26^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2906 + 0,9128 - 0,2282$$

FS = 0,9752

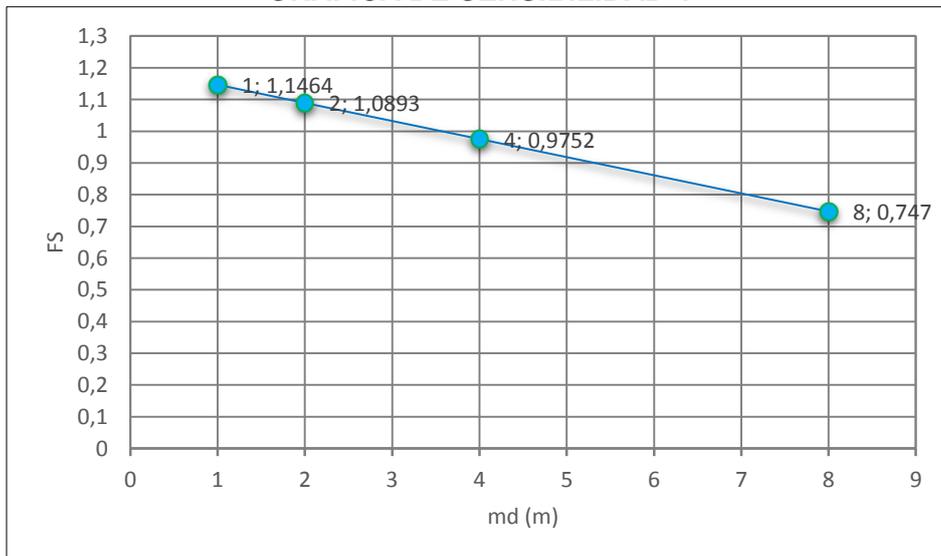
md= 8,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m} * \text{sen } 26^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 26^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 26^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2906 + 0,9128 - 0,4564$$

FS = 0,747

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 4





DESLIZAMIENTO 5

DATOS:

- $c' = 20 \text{ KN/m}^2$
- $\gamma = 19,62 \text{ KN/m}^3$
- $d = 10 \text{ m}$
- $\Phi = 24^\circ$
- $\beta = 28^\circ$

md= 1,0 m = 10 % = 0,1

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0,1 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2171 + 0,8373 - 0,0418$$

FS = 1,0126

md=2,5 m = 25 % = 0,25

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2171 + 0,8373 - 0,1046$$

FS = 0,9498

md=5,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2171 + 0,8373 - 0,2093$$

FS = 0,8451

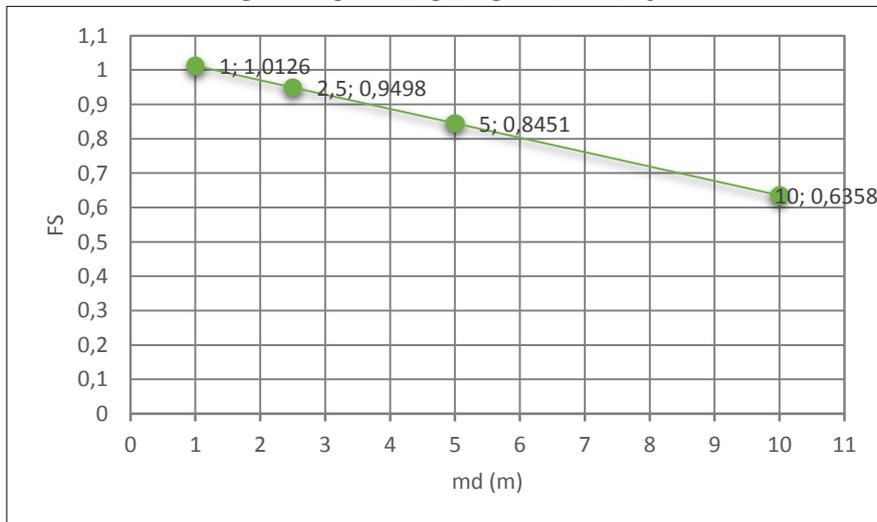
md=10,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 10\text{m} * \text{sen } 28^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 28^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 28^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2171 + 0,8373 - 0,4186$$

FS = 0,6358

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 5





DESLIZAMIENTO 6

DATOS:

- $c' = 20 \text{ KN/m}^2$
- $\gamma = 19,62 \text{ KN/m}^3$
- $d = 12 \text{ m}$
- $\Phi = 24^\circ$
- $\beta = 25^\circ$

md= 1,5 m = 12,5 % = 0,125

$$FS = \left[\frac{c'}{\gamma * d * \text{sen } \beta} \right] + \left[\frac{\text{tang } \Phi}{\text{tang } \beta} \right] - \left[\frac{md * \gamma_w * \text{tang } \Phi}{\gamma * \text{tang } \beta} \right]$$

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 12\text{m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,125 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2010 + 0,9547 - 0,0596$$

FS = 1,0961

md=3,0 m = 25 % = 0,25

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 12\text{m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,25 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2010 + 0,9547 - 0,1193$$

FS = 1,0364

md=6,0 m = 50 % = 0,50

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 12\text{m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{0,50 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2010 + 0,9547 - 0,2387$$

FS = 0,917

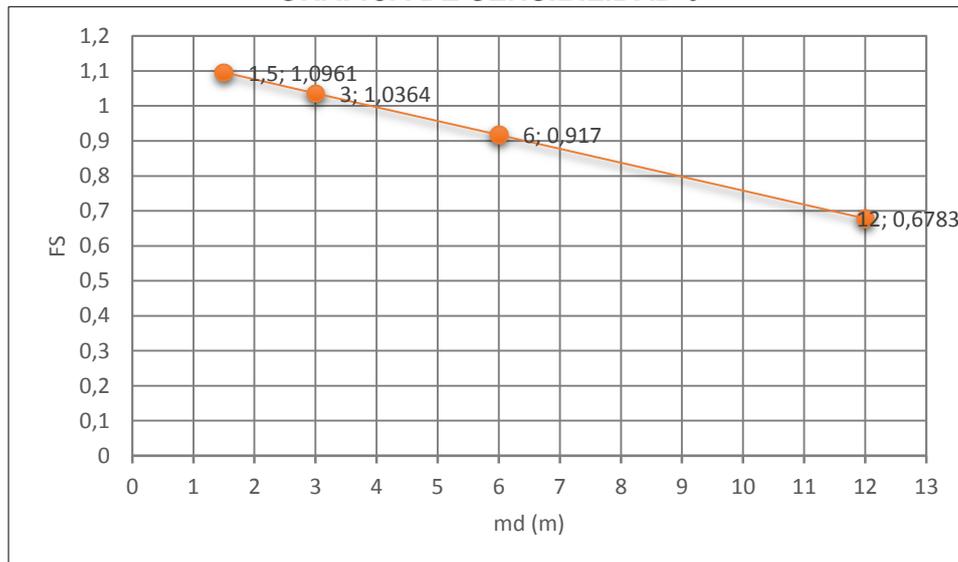
md=12,0 m = 100 % = 1,0

$$FS = \left[\frac{20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * 12\text{m} * \text{sen } 25^\circ} \right] + \left[\frac{\text{tang } 24^\circ}{\text{tang } 25^\circ} \right] - \left[\frac{1,0 * 9,81 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 24^\circ}{19,62 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} * \text{tang } 25^\circ} \right]$$

$$FS = 0,2110 + 0,9547 - 0,4774$$

FS = 0,6783

GRÁFICA DE SENSIBILIDAD 6





6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La ciudad de Loja se encuentra ubicada en la región sur del Ecuador, sobre una cuenca sedimentaria de origen lacustre de época Miocénica en donde se encuentran rocas bien diferenciadas que son las sedimentarias y las metamórficas; encontrándose el sector de estudio en las formaciones Quillollaco y Trigal y la Unidad Agoyán.

Para la realización del análisis de susceptibilidad a deslizamiento se ha considerado variables como: geomorfología, geología, cobertura vegetal y pendiente; cada una fueron determinadas directamente en el sector y con ayuda de información existente del sector como fotografías aéreas.

A la vez se realizó la caracterización geotécnica mediante exploración Indirecta (Sondeos Eléctricos Verticales) y directa (SPT); para tener una idea veraz de las características físico-mecánicas de los materiales que se encuentra en el subsuelo.

El Sector de estudio presenta relieves poco accidentados con pendientes que van de (15° - 40°), lo cual permite que se den procesos de inestabilidad con la ayuda de otros factores como la saturación del suelo, ya que en los sectores aledaños no cuentan con alcantarillado y las aguas son vertidas directamente en las laderas.

En cuanto a la geología, el sector reposa mayoritariamente sobre la formación Trigal compuesta por arcillas limosas y arenosas de coloración café claro a oscuro en sectores específicos; en la parte sur encontramos la formación Quillollaco representada por conglomerados con una matriz arcillo arenosa con presencia de óxidos de hierro, los conglomerados forman un gran escarpe que pudo haberse formado por procesos sísmicos; en la parte occidental del área de estudio afloran rocas metamórficas, específicamente gneis de grano medio pertenecientes a la Unidad Agoyán.

El levantamiento Geomorfológico, permitió el reconocimiento de las distintas geoformas que se encuentran en el sector, categorizadas de acuerdo a su génesis y clasificadas según parámetros morfométricas y morfológicas,



considerando cada una de estas como factores que intervienen en los deslizamientos; en el sector de estudio se ha identificado formas de relieve como: laderas cóncava escarpadas, laderas cóncavas suaves, laderas cóncavas saturadas y dinámicas, laderas convexas, superficie de cuesta, rellano, cimas aterrazadas y plano convexas, escarpes, encañonado, valle erosional y depresiones; cabe señalar que para la identificación de las mismas se consideró el desnivel relativo, la dirección de los estratos.

En cuanto a la cobertura vegetal, el sector de estudio presenta en mayor extensión zonas de pastizales que son aprovechados para la producción pecuaria, las zonas pobladas, áreas denudadas y vía de suelo desnudo mantiene una superficie aproximada de 8,5 Ha cada una, en cuanto a cultivos tiene una superficie de 5,28 Ha en donde se produce maíz en mayor cantidad.

Cada una de las variables que se utilizó está fundamentalmente enlazada, con el mapa de pendientes, ya que de esta forma se pudo relacionar la información levantada y dar un criterio más acertado para la asignación de pesos.

Una vez obtenida las variables se procedió a correlacionar la información, elaborando diferentes modelaciones para la obtención del mapa de susceptibilidad que represente las condiciones y características del terreno.

El mapa de susceptibilidad a deslizamientos elaborado, se determinó que un 33,58 % corresponde a mediana susceptibilidad, esto hace referencia a zonas con proyección urbana y cultivos. La susceptibilidad baja abarca un 18,50 %, al igual que el anterior se ubica en futuras urbanizaciones y cultivos; por otro lado la susceptibilidad muy alta con el 10,11 % de la superficie total corresponde a zonas dinámicas y saturadas donde actualmente se evidencia deslizamientos locales.

El sector de estudio al igual que la ciudad de Loja, se observa un desarrollo urbanístico acelerado, que en muchas veces se expanden a zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos, provocando daños en infraestructura y pérdidas económicas. En el proyecto Urbanístico "Casarilla" se realizó un ensayo SPT con una profundidad máxima de 6 m, dando como resultados arcillas de baja plasticidad con una capacidad portante de 1, 21 Kg/cm² para una



profundidad de 2 m, por lo cual se realizó el cálculo de cimentación en donde se determinó que se debe realizar bases de al menos (1,7 x 1,7) m para que el suelo pueda resistir cargas verticales promedio.

Finalmente se determinó el factor de seguridad de cada uno de los deslizamientos inventariados, asumiendo diferentes escenarios de saturación del material, los resultados no fueron muy favorables, por lo que se hace necesario la ejecución de medidas de estabilización y control por parte de la empresa encargada de la construcción de la vía (Técnica General de Construcciones S.A.), en casos puntuales las medidas se están realizando ya que se observan un sin número de muros de gaviones primordialmente.



7. CONCLUSIONES

- Se identificó y caracterizó cada uno de los factores que intervienen en los deslizamientos en el área de estudio y son los siguientes: Geomorfología, Geología, Cobertura Vegetal y Pendiente; los cuales sirvieron para el análisis final.
- El levantamiento topográfico comprendió un total de 78,5 ha y 0,9 km lineales de la vía de integración barrial, con cotas que van desde 2435 a 2240 m.s.n. m.
- El levantamiento geológico permitió definir que el sector de estudio se encuentra mayoritariamente en la formación Trigal, representada por arcillas limosas y arenosas, así mismo en la parte occidental aflora gneis meteorizado perteneciente a la Unidad Agoyán.
- En el mapa de Cobertura Vegetal se pudo determinar siete categorías, de las cuales los pastos representan un 57,34 % del área total, seguidamente tenemos áreas denudadas, zona poblada y vía de suelo desnudo con un 11 % aproximadamente.
- Se empleó el método heurístico para el análisis de susceptibilidad a deslizamientos, para lo cual se asignaron pesos relativos a cada uno de los factores, en rango de 1 a 5, de acuerdo a su importancia, que fue multiplicado por un porcentaje asignado, de acuerdo al grado de influencia al momento de que se pueda suscitar un deslizamiento.
- Se logró obtener el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la vía de integración barrial desde el sector Chontacruz hasta Menfis Central de la ciudad de Loja, a escala de impresión final de 1: 5000, en el que se consideran cinco categorías de susceptibilidad: muy baja, baja, mediana, alta y muy alta.
- El Mapa de Susceptibilidad del sector de estudio muestra que el 2,91 % del área tiene susceptibilidad muy baja, el 23,57 % baja, 42,78 % susceptibilidad media, 17,83 % Alta y el 12,88 % tiene susceptibilidad muy alta; cabe



recalcar que en el área de susceptibilidad alta y parte de la muy alta se encuentra barrios ya consolidados con aproximadamente 30 viviendas que se verían afectadas.

- Se detectó la presencia de seis deslizamientos, de los cuales uno se encuentra dentro de la zona de susceptibilidad Baja, dos en la zona de susceptibilidad media y tres deslizamientos (los de mayor extensión) se encuentran en zonas de alta y muy alta susceptibilidad. Estos datos demuestran una eficacia del 84,93 % de los métodos empleados.
- La aplicación de las herramientas SIG (ArcGIS), fue de gran ayuda a la hora de organizar y analizar la información y para poder alcanzar los resultados esperados satisfactoriamente.



8. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta mayor cantidad de factores que intervienen en los procesos de deslizamientos como: uso de suelo, dirección de los estratos, clima, erosión fluvial, sismicidad de la zona y acciones antrópicas, con la finalidad de evaluar aún más la confiabilidad de los resultados.
- El levantamiento de la información de campo como: topografía, geología, geomorfología, Cobertura Vegetal y caracterización de los deslizamientos; se la debe realizar con mucho cuidado ya que servirá para el modelamiento y el análisis final.
- Considerar los resultados obtenidos en este estudio como una herramienta en la toma de decisiones en cuanto a la expansión urbana de la ciudad de Loja, ya que en los trabajos de campo se evidencio nuevos proyectos urbanísticos que pueden encontrarse en zonas de alta susceptibilidad a este tipo de fenómenos naturales.
- Fomentar y difundir la metodología aplicada hacia otros lugares con similares condiciones en relieve y geología, clima; para que sea empleada a fin de obtener resultados que permitan la disminución de situaciones de desastres como consecuencia de deslizamientos.
- Dar a conocer a las autoridades de la ciudad de Loja la importancia de este estudio y los resultados alcanzados y con ello frenar el otorgamiento de permisos de construcción en zonas de alta susceptibilidad a deslizamiento y así las nuevas construcciones se localicen en áreas de baja susceptibilidad, siempre y cuando no sean propensas a la ocurrencia de otros peligros como inundaciones.
- Continuar trabajando con la información más actualizada a fin de proporcionar resultados actuales, para mejorar el desarrollo de la ciudad y del país, reduciendo la probabilidad de sufrir desastres por deslizamientos y por ende pérdidas humanas y económicas.



- El factor de seguridad de cada uno de los deslizamientos se encuentran bajo la norma de 1,5, por lo que se recomienda que se realice medidas de estabilización y control por parte de la empresa encargada de la construcción de la vía (Técnica General de Construcciones S.A.).



9. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, F. (2006) Ensayo metodológico para la evaluación y zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, cuenca de Loja. Director: Ing. Galo Plaza. Tesis de Ingeniero. Escuela de Ingeniería. EPN, Quito.
- Alcántara, I. (2000). "Los deslizamientos de tierra" ¿Deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, Clasificación y Terminología, México. 19 pp.
- Ayala-Carcedo y J. Corominas (2002), Ingeniería Geoambiental. Análisis de los Conceptos Fundamentales de Riesgos y Aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos. Boletín Geológico y Minero, pp. 108-119
- Bosi, C. (1984) "Consideraciones y propuestas metodológicas sobre elaboración y estabilización ". Geología Aplicada. Ed Idrogeol 3. pp. 246-281.
- Brabb, E. (1989) "Enfoques innovadores del peligro de deslizamientos y Mapas de Riesgo". En: IV Simposio Internacional sobre Deslizamientos, vol.1 Toronto. pp. 307-323.
- Brunnsden, D. (1979). "Los movimientos de masas", (In: Embleton, C.E. y J.B. Thornes (ed.), Avances en Geomorfología), Arnold. pp. 130-186.
- Carrara, A.; Cardinali, M; Guzzetti, F. y Reichenbach, P. (1995) "La tecnología SIG en peligro de deslizamientos de mapeo. "En Carrera A, Guzzetti F (Eds) Sistemas de información geográfica en la evaluación de los peligros naturales. Kluwer. Dordrecht. Países Bajos.pp.135-175.
- CLIRSEN. Clirsen, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional.
- Corominas J. (1987). "Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera". Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental IGME, Madrid. España pp 193-201.



- Crozier, M. (1986). Los deslizamientos de tierra: causas, consecuencias y medio ambiente. Croom Helm. Londres. 252 pp.
- Cruden, D. (1991) "Una definición simple de un deslizamiento de tierra ". Boletín de la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica, Vol. 43, pp. 27–29.
- Cruden, D. and Varnes, D. (1996) "Tipos y procesos de deslizamientos de tierra ". En: Turner, K., y Schuster, R. edición, Deslizamientos investigación y mitigación: Washington DC, USA. Informe Especial 247. pp 36–75.
- Dirección de planificación jefatura de ordenamiento territorial. Gobierno de la provincia de Loja. (2014): "Plan de ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja". Ecuador. 95 pp.
- Egred, (1999). Catálogo Sísmico del Ecuador, Instituto Geofísico-Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ferrer, M. (1980). "Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas". Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental. IGME. Madrid 175-192 p.
- Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2012.
- González (2005), valuación de amenaza por fenómenos de remoción enmasa. Documento digital. Bogota, pp. 53.
- González de Vallejo. I., 2002. Ingeniería Geológica, Capítulo 11: Prevención de Riesgos Geológicos, pp. 607-620 y capítulo 14.6_ prevención de riesgos por movimientos de terreno, pp . 656-664- Pearson educación. Madrid, España.
- Hansen, M. (1984). "Estrategias para la clasificación de los deslizamientos de tierra ". En: Brunsden, D. y Prior, D. B. (eds). Inestabilidad de las laderas. John Wiley & Sons. Nueva York, 523-602 pp.
- Hungerbühler, (2002). "Estratigrafía Neógeno y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador ". Tierra-Ciencia Comentarios. Pp.1- 50 pp.



- Hungerbühler, D.; Steinmann, M.; Winkler, W.; Seward, D.; Egüez, A.; Peterson, D.; Helg, U; Hammer, C. (2002). Neógeno Estratigrafía y geodinámica de los Andes del sur de Ecuador. Editorial Elsevier. 50 pp.
- Hutchinson (1988). 1988) "Parámetros morfológicos y geotécnicos de deslizamientos de tierra en relación con la geología y la hidrogeología ", en: Recuerdos, 5^a Conferencia Internacional sobre desprendimientos de tierras, Lausanne, Suiza. pp 3–35.
- Hutchinson, 1968; Hutchinson, J. (1968) "Movimiento de masas ", En: Fairbridge, RW (ed), Enciclopedia de la serie científica de la Tierra. Volumen 3 Reinhold. Nueva York. EE.UU. pp.688-695.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2010). Censo de Población y del 2010 de la Republica de Ecuador. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec>.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2010). Información meteorológica. Anuarios. Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec>
- Izquierdo, (1991), Estudio Geodinámico de la Cuenca Intramontañosa Cenozoica de Loja (Sur del Ecuador). Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Geología, Minas y Petróleos. Quito-Ecuador.
- Jansseen, R, y van Herwijnen, M. (1994) "Apoyo de decisión multiobjetivo a dirección ambiental. Decisiones definidas de un juego finito de alternativas: discos de demostración e instrucción". Kluwer. Editores Académicos, Dordrecht (Países Bajos). 232 pp. ISBN 0-7923- 1908-7.
- Keefer, D. K., (1984) "Los deslizamientos de tierra causados por los terremotos ". Geol. Soc. Am. Bull. 95. pp 406-421.
- Kennerley, (1974) "Geología de la provincia de Loja, Ecuador sur ". Instituto de Ciencias Geológicas. División de Ultramar. Londres. Reino Unido. Informe no publicado 23. 34 pp.



- Litherland, M., Aspden, J, A. Jemielita, R. A. (1994) "Los Cinturones metamórficas de Ecuador ", British Geological Survey, Ultramar Memoir 11. Inglaterra. 147pp
- Lomtadze V. D. (1977) "Geología aplicada a la ingeniería. Geodinámica aplicada a la ingeniería", Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 560 pp.
- Lucini, P. (1973) "La previsión de posibles deslizamientos de tierra del complejo Argille Varicolori Scagliose IGM 174 IV SE Mapa, Saviano di Puglia (Compañía) ". Geol. Appl., 8. pp. 311-316.
- Manual del Usuario. IPI2Win. (2000) Universidad Estatal de Moscú Facultad de Geología Departamento de Geofísica.
- Mendoza, M. J., Domínguez, L., Noriega, I. y Guevara, E., (2002) Monitoreo de laderas con fines de evaluación y alertamiento. Informe Técnico del CENAPRED. México. 78 pp.
- Montiel, K. (2009). Peligro por inestabilidad de laderas en la cuenca hidrográfica del río Castán. Flanco norandino de Venezuela. Tesis Doctoral. Universidad de La Habana. Cuba. 108 pp.
- Pedraza Gilsanz, (1996). "Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones". Madrid – España.
- PNUMA, 2007. "Geo – Loja". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe la Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional.
- Sharpe, C. (1938) "Los deslizamientos de tierra y los fenómenos conexos ". Nueva York. Columbia. Univ. Prensa. 136 pp.
- Sierra, R. (Ed.) (1999) "Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental". Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.



- SIG-TIERRAS (Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica). Disponible en: <http://www.sigtierras.gob.ec/>
- Steinmann, M., (1999) "Evolución tectónica Neógeno y exhumación del sur de los Andes de Ecuador: un enfoque de la estratigrafía y la fisión-pista combinada, Tectonofísica", 21 pp.
- Suárez, (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. pp. 1-30.
- Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José
- Técnicas de investigación del Suelo: Elaboración e Interpretación de Estudios Geotécnicos – José M. Noriega Rivera
- Terzhagui, K. (1950) "Mecanismos de deslizamientos". Geol. Soc Am, Berkeley. pp 83-123.
- Universidad Nacional de Colombia, Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín 2000.
- Van Westen, C. (1994) "Aplicación del Sistema de Información Geográfica para la zonificación del peligro de deslizamiento".
- Varnes (1978), "Tipos de movimientos de pendiente y procesos. En: Informe Especial 176: Análisis y Control" (Eds: Schuster, RL y Krizek, RJ). Transporte y Carretera la Junta de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, Washington DC, 11-33.
- Varnes, (1984). De peligro de deslizamiento Zonificación. Una revisión de los Principios y Práctica. UNESCO, Paris, 63pp.
- Varnes.D. (1958). Los deslizamientos de tierra tipos y procesos. En (Eckel E. Editor) "Landslide y práctica de la ingeniería". Investigación de Carreteras Board.Special Informe 29. Washington DC. EE.UU..



ANEXOS



ANEXO 1

Registros de datos para Sondeos Eléctricos Verticales



ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	1 ^{er} LECTURA		2 ^{da} LECTURA		3 ^{er} LECTURA		OBSERVACIONES
				RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	
1	1.00	0.20	7.54							
2	1.47	0.20	16.66							
3	2.15	0.20	35.99							
4	3.16	0.20	78.11							
5	4.64	0.20	168.78							
6	4.64	0.50	86.85							
7	6.81	0.20	363.92							
8	6.81	0.50	144.91							
9	10.00	0.50	313.37							
10	14.70	0.50	678.08							
11	14.70	2.00	166.58							
12	21.50	0.50	1454.42							
13	21.50	2.00	359.91							
14	31.60	2.00	781.13							
15	46.40	2.00	1687.79							
16	46.40	5.00	668.52							
17	68.10	2.00	3639.24							
18	68.10	5.00	1449.10							
19	100.00	5.00	3133.75							
20	100.00	10.00	1555.09							



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL



Sondaje Geofísico: Métodos Eléctricos.

"Resistividad Verdadera "SCHLUMBERGER"

NOMBRE DEL SONDAJE:

FECHA:

OPERADOR:

COORDENADAS:

DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

B ——— M ——— O ——— N ——— A ———

DIBUJO UBICACIÓN SEV # =



ANEXO 2

Mapa de Ubicación

Deslizamientos, Afloramientos, SEV y SPT



ANEXO 3

Caracterización de los Deslizamientos.



DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	1	
COORDENADAS	X: 696709,574	DIRECCIÓN: N 63° O
	Y: 9555368,321	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 29°
FOTO N.-	001	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2323,627	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	150,23 m
ANCHO (promedio de la zona):	59,29 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (X) Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTRO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	2	
COORDENADAS	X: 696680,047	DIRECCIÓN: N 20° O
	Y: 9555426,755	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 25°
FOTO N.-	002	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2320,155	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	105,30 m
ANCHO (promedio de la zona):	100,43 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente (X) Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho (X) Longitud > ancho () Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO:	No visible (X) Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTRO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	3	
COORDENADAS	X: 696707,583	DIRECCIÓN: N 60° O
	Y: 9555558,385	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 30°
FOTO N.-	003	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2325,276	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	49,71 m
ANCHO (promedio de la zona):	20,75 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente () Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (X) Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	4	
COORDENADAS	X: 696396,771	DIRECCIÓN: N 80° E
	Y: 9555689,663	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 26°
FOTO N.-	004	FORMA DE LA LADERA: recta (X) Cóncava () Convexa ()
ALTITUD:	2309,075	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO:	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	43,10 m
ANCHO (promedio de la zona):	56,61 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (X) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD:	Inactivo () Latente (X) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta (X) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE:	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR:	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible (X) Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTRO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	5	
COORDENADAS	X: 696400,799	DIRECCIÓN: N 70° E
	Y: 9555824,082	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 28°
FOTO N.-	005	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2303,415	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	30,89 m
ANCHO (promedio de la zona):	65,58 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional (X) Traslacional () Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido (X) Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente () Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (X)
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad () Zonas Inundadas () Zonas Húmedas (X)
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras (X) Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros (X) Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO





DATOS GENERALES

MOVIMIENTO N.-	6	
COORDENADAS	X: 696133,089	DIRECCIÓN: N 55° E
	Y: 9555989,058	ÁNGULO (inclinación de la ladera en grados): 25°
FOTO N.-	006	FORMA DE LA LADERA: recta () Cóncava (X) Convexa ()
ALTITUD:	2308,783	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (X) Cultivos () Residencial () Vía Presente ()
FECHA:	2 de Abril del 2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO :	Deslizamiento (X) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base):	123,64 m
ANCHO (promedio de la zona):	73,44 m
TIPO DE FALLA:	Indeterminada () Rotacional () Traslacional (X) Completa () Múltiple ()
MECANISMO:	Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento () Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento (X)
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD :	Inactivo () Latente () Activo (X) Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE:	No es aplicable () Escarpe evidente (X) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE:	No aplicable () Semicircular (X) Elongado () Alargado ()
AREA DEL ESCARPE:	No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (X) Mediana (200 - 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA:	No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (X) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA:	Masa intacta () Masa desintegrada (X) Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA:	No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (X) Zonas Inundadas () Zonas Húmedas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA:	No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (X) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA:	Cubierta orgánica () Suelo depositado (X) Suelo residual () Relleno ()
CAUSA PROBABLE :	Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (X) construcciones () Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR :	Desconocido () Lluvias (X) Construcciones () Apertura de vía (X)
DAÑO:	No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (X) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN:	No Visible () Muros () Canales () Drenes () Otros ()

REGISTO FOTOGRÁFICO





ANEXO 4

Tablas de referencia de las resistividad natural los geomateriales.



Valores de resistividad de geomateriales.

Material	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás, Medellín 2000.

Valores Representativos de Resistividad.

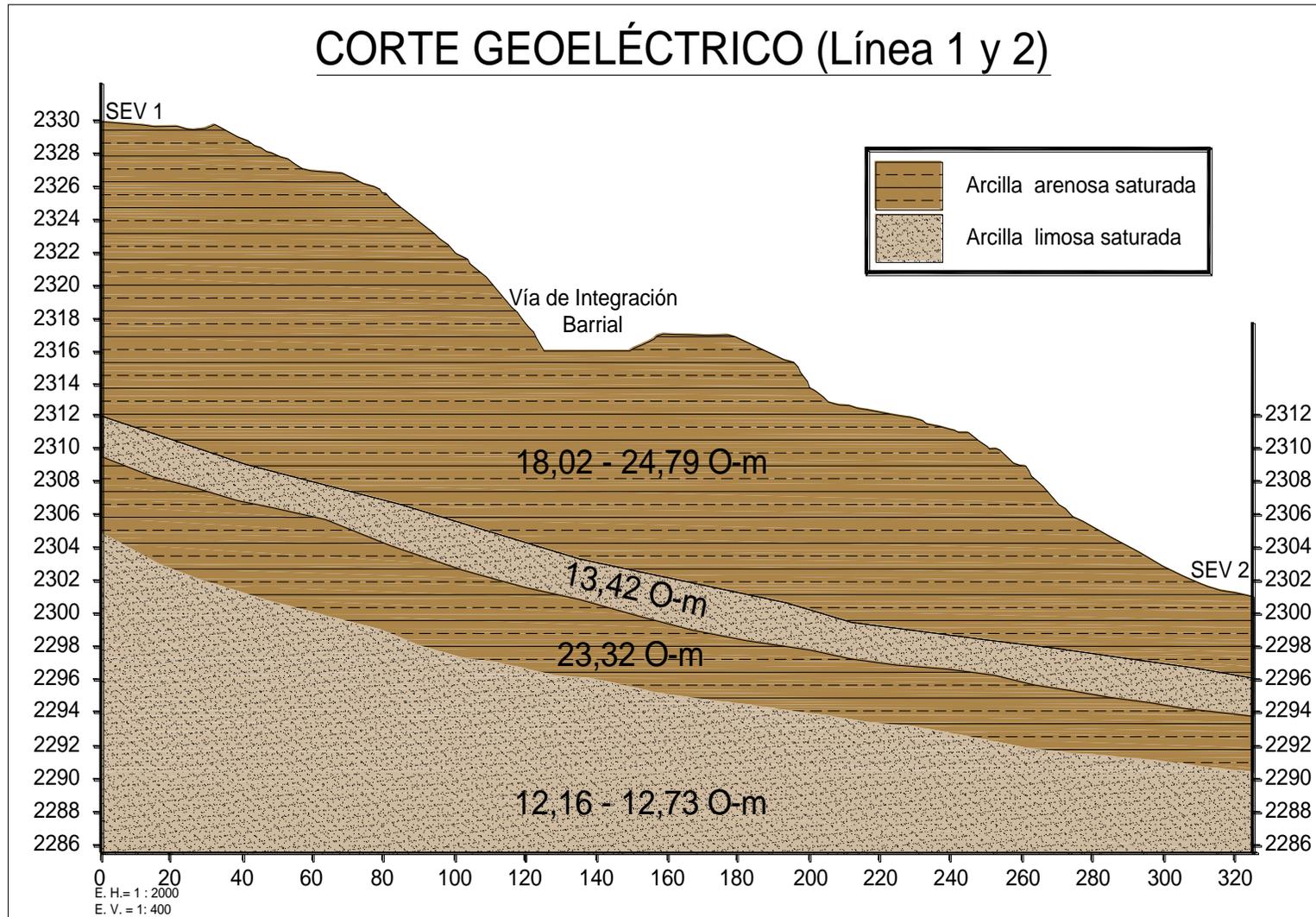
Material	Resistividad (ohmios-m)
Arcilla y limo saturado	0 – 10,00
Arcilla arenosa y arena limosa húmeda	10,00 – 25,00
Arena arcillosa y arena saturada	25,00 – 50,00
Arena	50,00 – 150,00
Grava	150,00 – 500,00
Roca meteorizada	100,00 – 200,00
Roca sana	150,00 – 4000,00

Fuente: Exploración Geoeléctrica – Suelos (CONSTRUCTOR CIVIL)

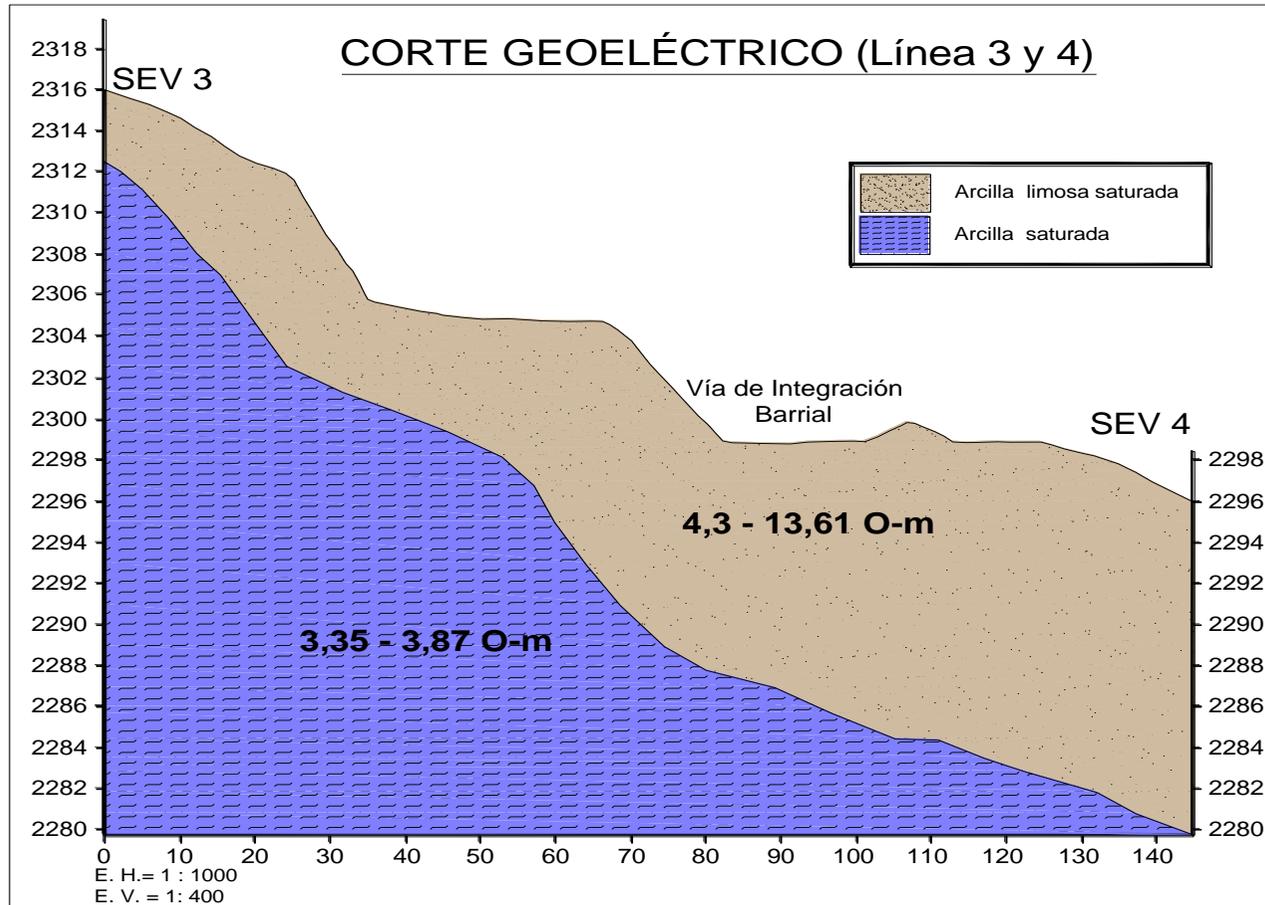


ANEXO 5

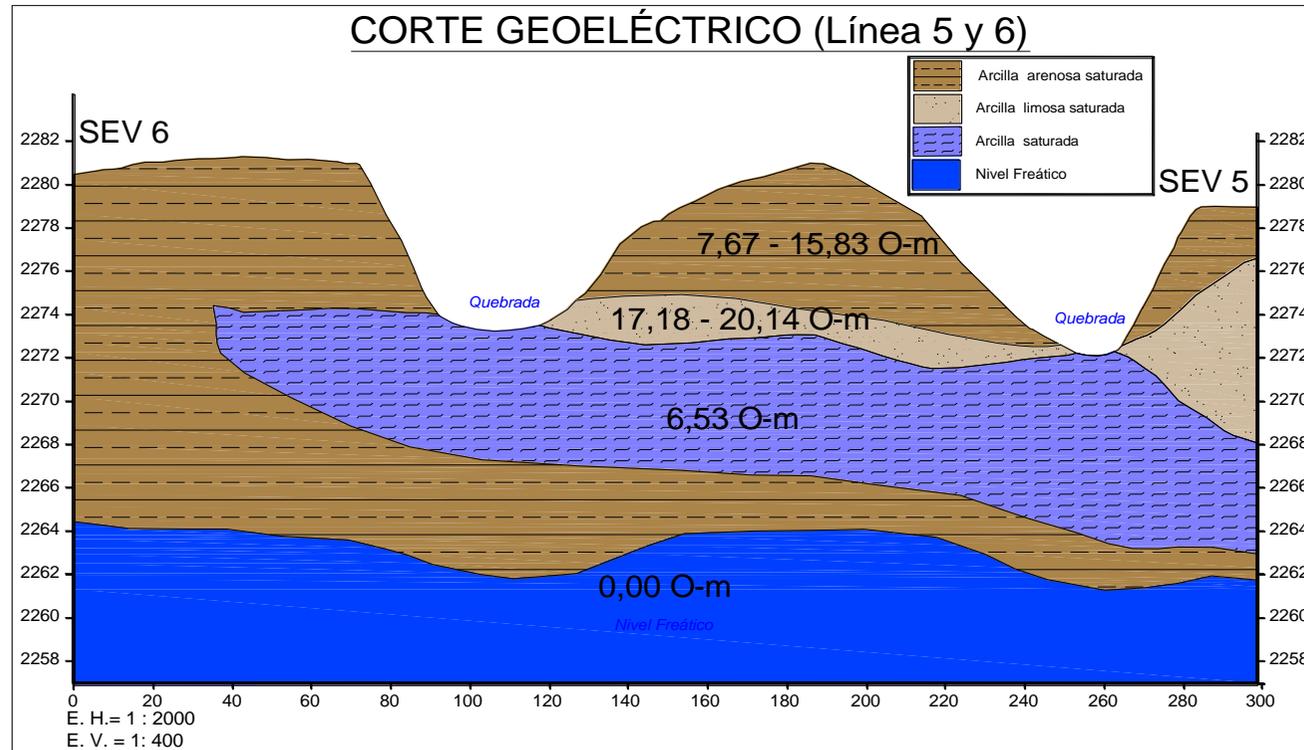
Cortes Geoelectrónicos



Corte Geoelectrico de las Líneas 1 y 2.
Fuente: Realizado por el Autor (AutoCAD 2014)



Corte Geoelectrico de las Líneas 3 y 4.
Fuente: Realizado por el Autor (AutoCAD 2014)



Corte Geoelectrico de las Líneas 5 y 6.
Fuente: Realizado por el Autor (AutoCAD 2014)



ANEXO 6

Resultados del Ensayo de Penetración Estándar



ESTSUELCON CIA. LTDA.

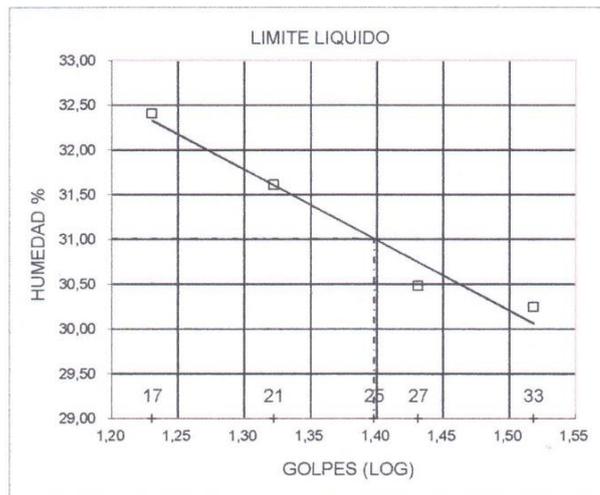
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

se-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL				MUESTRA POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 1,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		62,89	58,37	19,90	11,75	
		58,83	54,66	20,03	12,04	11,90
2.- LIM. LIQUIDO	33	22,12	18,56	6,79	30,25	
	27	22,31	19,14	8,74	30,48	
	21	23,38	20,07	9,60	31,61	
	17	20,75	18,07	9,80	32,41	31,01
3.- LIMITE PLASTICO		42,26	40,89	34,01	19,91	
		41,62	40,47	34,72	20,00	19,96
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 112,2 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 100,3				ARENA= 49 %		
				FINOS= 50 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 31,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 20,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 11,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
3/8"	0,00	0,0	100	SUCS = CL		
No. 4	0,54	0,5	99	AASHTO= A-6		
No. 10	1,49	2,0	98	IG(86)= 3		
No. 40	5,64	7,6	92	IG(45)= 3		
No. 200	42,28	49,8	50			
COLOR= CAFÉ						



Ing. Diego I. Castillo
ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

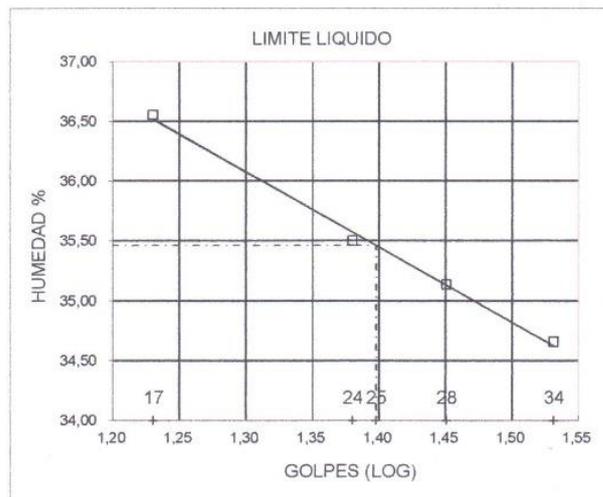
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

e-fax: 2940594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

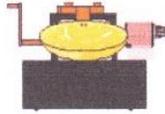
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL				MUESTRA POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 2,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		78,12	71,08	19,89	13,75	
		67,10	61,42	19,49	13,55	13,65
2.- LIM. LIQUIDO	34	36,13	33,86	27,31	34,66	
	28	27,30	24,96	18,30	35,14	
	24	35,70	33,57	27,57	35,50	
	17	35,97	33,70	27,49	36,55	35,46
3.- LIMITE PLASTICO		30,07	29,36	24,90	15,92	
		30,49	30,05	27,32	16,12	16,02
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 102,2 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 89,9				ARENA= 28 %		
				FINOS= 72 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 35,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 16,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 19,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
1/2"	0,00	0,0	100	SUCS = CL		
3/8"	0,00	0,0	100	AASHTO= A-6		
No. 4	0,00	0,0	100	IG(86)= 13		
No. 10	0,89	1,0	99	IG(45)= 11		
No. 40	3,01	4,3	96			
No. 200	21,16	27,9	72			
COLOR= CAFÉ						



ESTSUELCON CIA. LTDA.
LABORATORIO
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

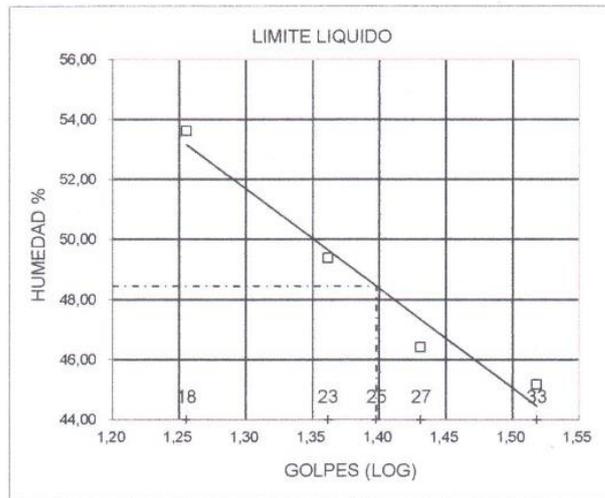
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

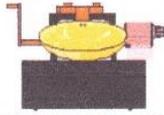
ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL				MUESTRA POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 3,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		45,75	42,33	19,00	14,66	
		49,09	45,28	19,61	14,84	14,75
2.- LIM. LIQUIDO	33	37,15	34,20	27,67	45,18	
	27	27,81	25,22	19,64	46,42	
	23	28,78	25,96	20,25	49,39	
	18	27,58	24,99	20,16	53,62	48,44
3.- LIMITE PLASTICO		24,08	23,38	20,12	21,47	
		18,48	17,63	13,80	22,19	21,83
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 118,8 (H/S) H				GRAVA= 1 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 103,5				ARENA= 14 %		
				FINOS= 85 %		
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA	LL = 48,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 22,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 26,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100	CLASIFICACION:		
No. 4	0,77	0,7	99	SUCS = CL		
No. 10	2,03	2,7	97	AASHTO= A-7-6		
No. 40	4,63	7,2	93	IG(86)= 23		
No. 200	8,27	15,2	85	IG(45)= 16		
COLOR= CAFÉ						



ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Ing. Diego Castillo
 Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja - Ecuador



ESTSUELOCON CIA. LTDA.

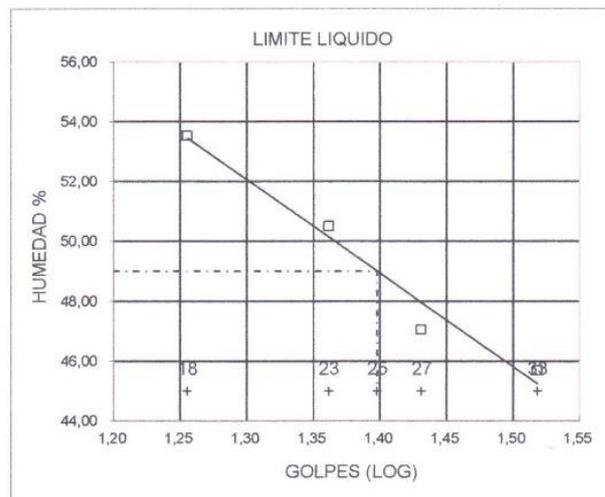
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.-fax: 2540594. Celular: 093863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELOCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL			MUESTRA POZO 1			
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 4,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		63,68	57,25	19,80	17,17	
		60,40	54,67	20,50	16,77	16,97
2.- LIM. LIQUIDO	33	28,67	25,70	19,20	45,69	
	27	27,44	25,04	19,94	47,06	
	23	26,45	24,44	20,46	50,50	
	18	26,19	23,92	19,68	53,54	49,00
3.- LIMITE PLASTICO		31,16	30,38	27,12	23,93	
		28,22	27,78	25,81	22,34	23,13
4.- GRANULOMETRIA			5.- CLASIFICACION.-			
PESO IN= 120,5 (H/S) H			GRAVA= 0 %			
PESO INICIAL DE CALCULO: 103,0			ARENA= 17 %			
			FINOS= 82 %			
TAMIZ	PESO R. %	R.A.	% PASA	LL = 49,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 23,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 26,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,41	0,4	100	CLASIFICACION:		
No. 10	0,53	0,9	99	SUCS = CL		
No. 40	2,58	3,4	97	AASHTO= A-7-6		
No. 200	14,82	17,8	82	IG(86)= 22		
COLOR= CAFÉ			IG(45)= 16			



Ing. Diego I. Castillo
ESTSUELOCON CIA. LTDA.
 Estudios de Suelos, Laboratorio,
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

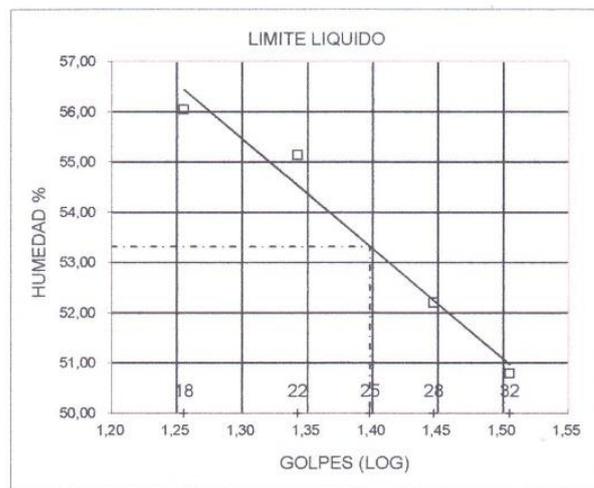
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

.-fax: 2540594. Celular: 092863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL				MUESTRA POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 5,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		54,23	47,53	18,65	23,20	
		58,56	51,06	19,15	23,50	23,35
2.- LIM. LIQUIDO	32	38,83	32,07	18,76	50,79	
	28	33,85	28,75	18,98	52,20	
	22	39,93	35,43	27,27	55,15	
	18	33,87	29,05	20,45	56,05	53,32
3.- LIMITE PLASTICO		22,71	22,20	20,22	25,76	
		20,47	20,05	18,35	24,71	25,23
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 108,8 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 88,2				ARENA= 23 %		
				FINOS= 77 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A. %	PASA %	LL = 53,00 %		
1 1/2"	0,00	0,0	100	LP = 25,00 %		
1"	0,00	0,0	100	IP = 28,00 %		
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,34	0,4	100	CLASIFICACION:		
No. 10	2,07	2,7	97	SUCS = CH1		
No. 40	7,19	10,9	89	AASHTO= A-7-6		
No. 200	10,72	23,0	77	IG(86)= 22		
COLOR= CAFÉ				IG(45)= 18		



Ing. Diego I. Castillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

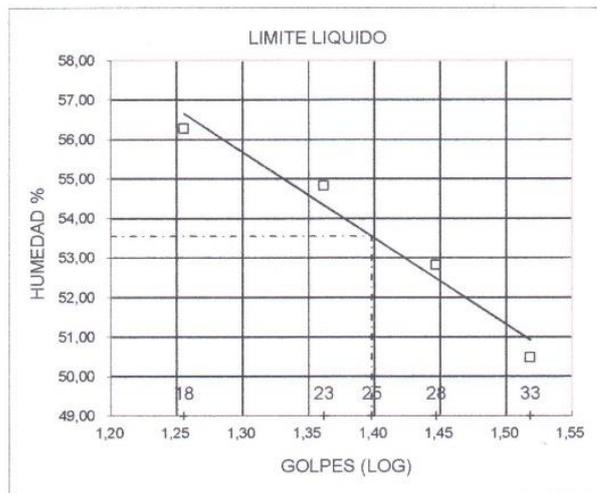
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

tel-fax: 2540594. Celular: 092863061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS						
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS						
UBIC. : CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL				MUESTRA POZO 1		
FECHA : JULIO-2014		OPERADOR: O.V		PROFUND. 6,00 m.		
	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		63,11	54,61	19,64	24,31	
		55,79	48,72	20,18	24,77	24,54
2.- LIM. LIQUIDO	33	34,99	30,26	20,89	50,48	
	28	33,46	28,59	19,37	52,82	
	23	32,35	27,01	17,27	54,83	
	18	33,83	28,63	19,39	56,28	53,55
3.- LIMITE PLASTICO		23,70	22,87	19,70	26,18	
		30,91	30,16	27,20	25,34	25,76
4.- GRANULOMETRIA				5.- CLASIFICACION.-		
PESO IN= 108,6 (H/S) H				GRAVA= 0 %		
PESO INICIAL DE CALCULO: 87,2				ARENA= 63 %		
				FINOS= 37 %		
TAMIZ	PESO R. %	R.A. %	PASA			
1 1/2"	0,00	0,0	100			
1"	0,00	0,0	100			
3/4"	0,00	0,0	100			
1/2"	0,00	0,0	100			
3/8"	0,00	0,0	100			
No. 4	0,00	0,0	100			
No. 10	6,18	7,1	93			
No. 40	28,30	39,6	60			
No. 200	20,72	63,3	37			
COLOR= CAFÉ						
				LL = 54,00 %		
				LP = 26,00 %		
				IP = 28,00 %		
CLASIFICACION:						
SUCS = SC						
AASHTO= A-7-6						
IG(86)= 4						
IG(45)= 4						



Ing. Diego I. Castillo

ESTSUELCON CIA. LTDA.
 Laboratorio
 Estudios de Suelos, Laboratorio
 Construcción y Consultoría
 Loja-Ecuador



RESUMEN DE DATOS DE CAMPO, DE LABORATORIO Y RESISTENCIAS OBTENIDAS

PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS

OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: PEDRO MERO
REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO

OBRA	POZO	PROF. m.	C. H. %	L. L. %	L. P. %	I. P. %	GRAVA %	ARENA %	FINOS %	CLASIFI SUCS	CLASIFI AASHTO	GOLPES N			N30 golpes	qu Kg/cm2	qa Kg/cm2
												15 cm	30 cm	45 cm			
CIMENTACION	1	1,00	11,9	31	20	11	1	49	50	CL	A-6	4	9	12	21	3	1,50
CIMENTACION	1	2,00	13,65	35	16	19	0	28	72	CL	A-6	6	8	9	17	2	1,21
CIMENTACION	1	3,00	14,75	48	22	26	1	14	85	CL	A-7-6	8	12	14	26	4	1,86
CIMENTACION	1	4,00	16,97	49	23	26	0	17	83	CL	A-7-6	8	14	15	29	4	2,07
CIMENTACION	1	5,00	23,35	53	25	28	0	23	77	CH1	A-7-6	8	15	20	35	5	2,50
CIMENTACION	1	6,00	24,54	54	26	28	0	63	37	SC	A-7-6	14	18	22	40	6	2,86

Ing. Diego I. Castillo



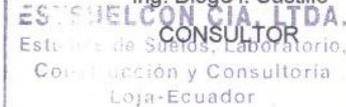
PERFIL ESTRATOGRAFICO DEL SUELO



PROYECTO: SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS
OBRA: ESTUDIO DE SUELOS
SOLICITADO POR: PEDRO MERO
REALIZADO POR: ING. DIEGO I. CASTILLO
POZO: 1

PROFUNDIDAD (M)	COLOR	COMPOSICION	DESCRIPCION
0-1	CL	C. H. = 11,9 % L. L. = 31 % L. P. = 20 % I. P. = 11 %	Arcilla de Baja Plasticidad
1-2	CL	C. H. = 13,7 % L. L. = 35 % L. P. = 16 % I. P. = 19 %	Arcilla de Baja Plasticidad
2-3	CL	C. H. = 14,8 % L. L. = 48 % L. P. = 22 % I. P. = 26 %	Arcilla de Baja Plasticidad
3-4	CL	C. H. = 17,0 % L. L. = 49 % L. P. = 23 % I. P. = 26 %	Arcilla de Baja Plasticidad
4-5	CH1	C. H. = 23,4 % L. L. = 53 % L. P. = 25 % I. P. = 28 %	Arcilla de Alta Plasticidad
5-6	SC	C. H. = 24,5 % L. L. = 54 % L. P. = 26 % I. P. = 28 %	Arena Arcillosa

Ing. Diego I. Castillo





ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

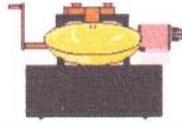
-Fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 1

PROYECTO:		SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS			
OBRA:		ESTUDIO DE SUELOS			
LOCALIZ.:		CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL POZO No.		1,00	
FECHA:		JULIO-201	OPERADOR:	C.F.G.C.	PROFUND. (m) 4,00
DATOS DE LA MUESTRA:			CONTENIDO DE HUMEDAD:		
DIAMETRO:	3,57	cm.	Peso Hum. :	75,04	
ALTURA :	5,49	cm.	Peso Seco :	69,85	
AREA :	10,01	cm ² .	Peso Cap. :	34,35	
VOLUMEN :	54,95	cm ³ .	w (%) :	14,62	
PESO :	104,66	gr.			
DENSIDAD:	1,90	gr/cm ³	CONSTANTE DE CARGA		
			K =	1,0000	
DATOS DE LA PRUEBA:					
Dial de Deform. mm	Dial Carga	Deform. Unit. (%)	Carga (kg)	Area Corrg. (cm ²)	Tension Desviante (Kg/cm ²)
0,0	0	0,00	0,00	10,01	0,00
0,5	0,03	0,91	3,06	10,10	0,30
1,0	0,06	1,82	6,12	10,20	0,60
2,0	0,14	3,64	14,27	10,39	1,37
3,0	0,14	5,46	14,27	10,59	1,35
RESULTADOS :			COMPRESION SIMPLE: (Kg/cm ²) = 1,37		

ESTSUELCON CIA. LTDA.
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

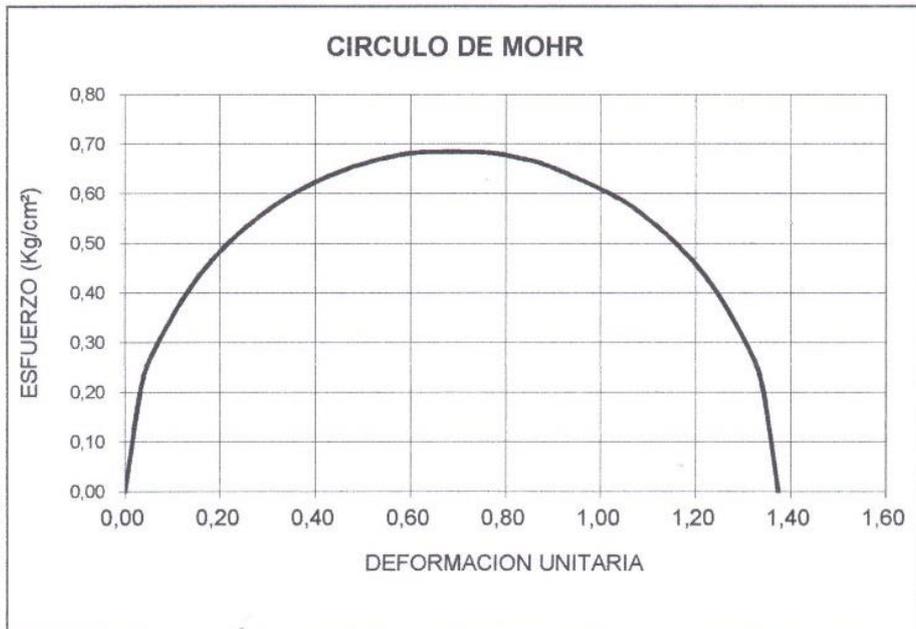
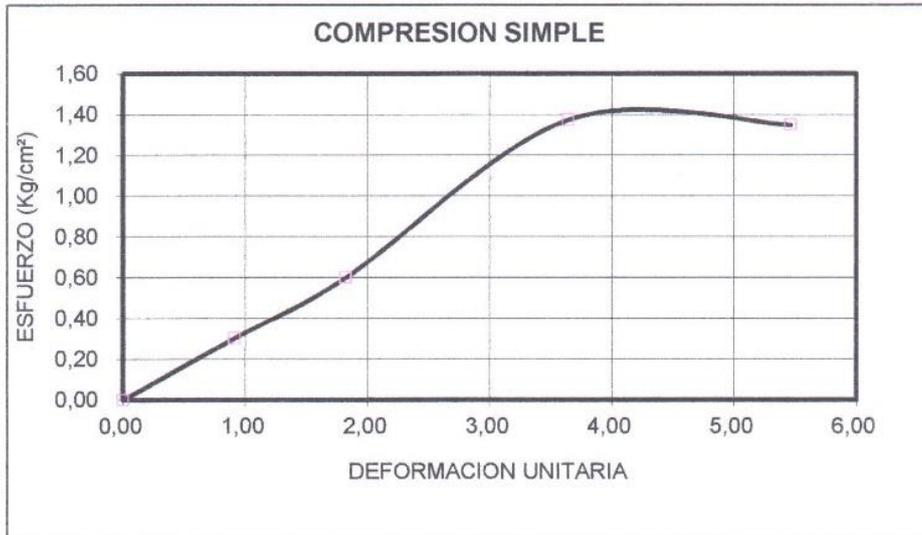
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

HOJA 2

PROYECTO:	SUSCEPTIBILIDAD DESLIZAMIENTOS		
OBRA:	ESTUDIO DE SUELOS		
LOCALIZ.:	CHONTACRUZ - MENFIS CENTRAL	MUESTRA No.	1,00
FECHA:	JULIO-2014	OPERADOR:	C.F.G.C. PROFUND. (m) 4,00



Ing. Diego I. Castillo J.
ESTSUELCON CIA. LTDA.
LABORATORIO
Estudios de Suelos, Laboratorio,
Construcción y Consultoría
Loja-Ecuador



ANEXO 7

Registro Fotográfico



Levantamiento Topográfico







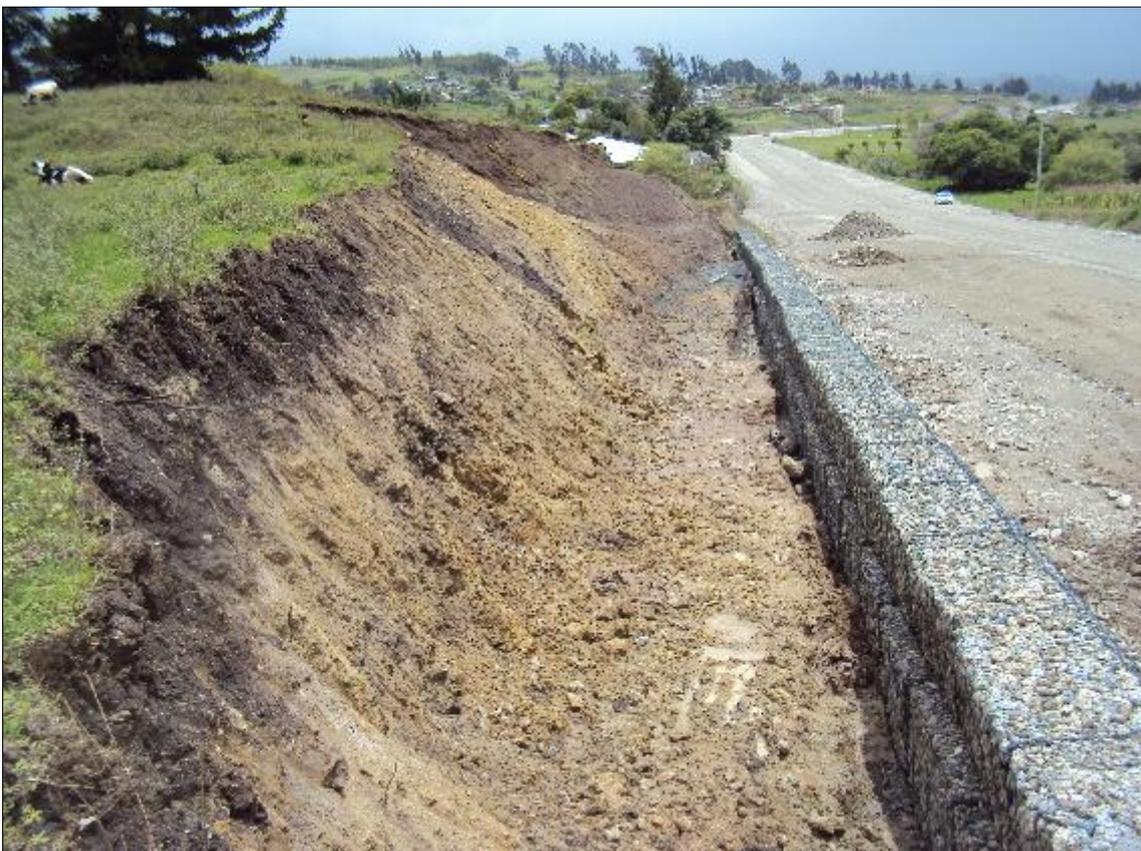
Levantamiento Geológico







Inventario de Deslizamiento







Sondeos Eléctricos Verticales





Ensayo de Penetración Estándar



